



# МИКРО- ПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

2 | 1984

ISSN 0233-4844

● **Электронная контора** — необходимый этап на пути к полной информатизации общества. Особенностью предстоящего этапа автоматизации работы служащих является широкое применение персональных ЭВМ, объединенных в локальные сети.

● **Микропроцессорные средства управления биотехнологическими процессами** — комплексы «Альфа-60» и «Автоферм». Микропроцессорная техника, робототехника и биотехнология — три важнейшие направления научно-технического прогресса в 80-х годах.

● **Одноплатные микроконтроллеры** «Электроника С5-41» построены на основе электрически и конструктивно совместимых  $n$ -канальных БИС серий К1801 и К1809 с использованием принципа фрагментно-модульного проектирования.

● **Микросредства управляющей вычислительной техники** МСУВТ В7/В9 позволяют создавать автономные вычислительные комплексы для управления технологическими процессами и локальные управляющие сети на расстоянии 0,5—2 км.

● **Регулирующий микропроцессорный контроллер** Ремиконт Р-100 заменяет 64 одновременно работающих измерительных и управляющих приборов.

● **Измерительно-диагностический комплекс на основе персональной ЭВМ** используется для контроля оптимального режима в камере гипербарической оксигенации, оценки глубины наркотического сна и т. д.





УПРАВЛЯЮЩИЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ 12-ПЛАТНОЙ МИКРОСИСТЕМЫ МСУВТ В7/В9. В СОСТАВ КОМПЛЕКСА ВХОДИТ ЦВЕТНОЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ДИСПЛЕЙ.

ГО  
ПО  
ВЫХО  
СО  
МИ  
ТЕХ  
ПРО  
ОБЕ  
ПРИ  
МИ  
СРЕ  
УЧЕ  
В С  
ЧЛ

ОРГАН  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
КОМИТЕТА СССР  
ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Издается с 1984 года

# МГ МИКРО ПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ 2 1984 МОСКВА

## СОДЕРЖАНИЕ

### МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Наумов Б. Н. — Колонка редактора . . . . .	2
Мясников В. А. — Подготовка специалистов по применению микропроцессор- ной техники . . . . .	3
Ершов А. П. — Автоматизация работы служащих . . . . .	6
Гальперин М. П. — Одноплатные микроЭВМ и микроконтроллеры . . . . .	16
Гальперин М. П., Гинтер А. В., Городецкий В. В., Евзович И. С., Кузнецов В. Я., Пухова М. Л. — Одноплатные микроконтроллеры «Электроника С5-41» . . . . .	20
Шереметьевский Н. Н., Долкерт В. М. — Магистрально-модульные микросредств- ва управляющей вычислительной техники . . . . .	24
Прохоров Н. Л., Ландау И. Я. — МикроЭВМ СМ-1800 и ее программное обес- печение . . . . .	28
Каляев А. В. — Принципы организации многопроцессорных систем сверхвысо- кой производительности . . . . .	31
Борисов В. С., Горашко А. П. — Методы встроенного диагностирования микро- процессорных средств вычислительной техники . . . . .	36

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Иванов В. И., Лобанов В. И., Митрофанов А. В. Отладочные средства для малоразрядных однокристальных микроЭВМ . . . . .	42
Штрик А. А. — РУЗА — система автоматизации разработки программ для уп- равляющих и микроЭВМ . . . . .	46
Алексеевский М. А., Маслеников Ю. А., Петренко В. Ф., Шебаршин А. В. — Стандартное резидентное программное обеспечение микроЭВМ «Электро- ника С5» . . . . .	49

### ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ

Калинин Ю. Т. — Микропроцессорная техника в биотехнологии . . . . .	52
Громов Г. Р., Ширшиков Н. В., Литвиненко Л. А. — Микромашинный комплекс для управления биотехнологическими процессами . . . . .	54
Блинов Н. А., Угодчиков Г. А., Швецов Г. А. — Микропроцессорные системы управления ферментацией «Автоферм-1» и «Автоферм-2» . . . . .	60
Торгов Ю. И., Кравченко Т. А., Азимова Г. У. — Медицинский многофункцио- нальный комплекс на основе персональной ЭВМ . . . . .	63
Литвинов М. М., Екимов А. В., Данцевич Г. А., Солдатов М. М., Сытин А. Н., Тишин В. Г. — Система диагностики сложных аритмий сердца . . . . .	66
Платонов А. К. — Шагающие машины — единство механики и микроэлектроники Смолко Г. Г. — Микропроцессоры в системах программного управления метал- лообрабатывающим оборудованием . . . . .	70
Соломенцев Ю. М. — Возможности систем управления в гибком автоматизиро- ванном производстве . . . . .	73
Иордан Г. Г., Певзнер В. В. — Регулирующий микропроцессорный контрол- лер Ремиконт Р-100 . . . . .	75
Матвеев С. С. — «Металлообработка'84» . . . . .	79

### УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Торгов Ю. И. — Подключение преобразователей АЦП и ЦАП через параллель- ные интерфейсы . . . . .	83
Лашевский Р. А., Тенк Э. Э., Хорин В. С. — Однокристальное статическое ОЗУ со встроенным интерфейсом . . . . .	85
Гусев И. Т., Немчинов В. М., Филиппов А. Г., Шагури И. И. — Обучение спе- циалистов применению и разработке микропроцессорных средств . . . . .	88

### В СТРАНАХ — ЧЛЕНАХ СЭВ

Никольский О. А. — Перспективные модульные системы и локальные сети . . . . .	91
---	----

Рефераты статей . . . . .	93
---------------------------	----

Главный редактор

**А. П. ЕРШОВ**

Редакционная коллегия:

А. Г. Алексенко  
В. В. Бойко  
В. М. Брябрин  
К. А. Валиев  
Г. Р. Громов  
(ответственный секретарь)  
В. И. Иванов  
М. Б. Игнатьев  
С. С. Лавров  
В. В. Липаев  
Б. Н. Наумов  
(зам. главного редактора)  
С. М. Пеленев  
(зам. главного редактора)  
А. К. Платонов  
Ю. А. Чернышев  
В. А. Чиганов  
И. И. Шагурин

Редакционный совет:

Ю. Е. Антипов  
Р. Л. Ашастин  
Е. П. Велихов  
Н. Н. Говорун  
Г. И. Кавалеров  
И. И. Малашинин  
В. А. Мясников  
Ю. Е. Нестерихин  
И. В. Прангишвили  
Л. Н. Преснухин  
В. М. Пролейко  
В. В. Симаков  
В. И. Скурихин  
В. Б. Смолов  
Ю. М. Соломенцев  
Н. Н. Шереметьевский

Адрес редакции: 101820, Москва,  
проезд Серова, 5, редакция журнала  
«Микропроцессорные средства и си-  
стемы». Телефоны 228-18-88; 221-99-26

Корректор Л. А. Буданцева

Сдано в набор 20.06.84

Подписано к печати 20.07.84. Т-15521.

Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага № 1.

Высокая печать. Усл.-печ. л. 10,08.

Уд.-изд. л. 14,7. Тираж 7 000 экз.

Заказ 842 Цена 1 руб. 10 коп.

Орган Государственного комитета  
СССР по науке и технике

Типография Всесоюзного центра  
информации по оборудованию ГКНТ  
СССР.

Московская типография № 13

Союзполиграфпрома Госкомиздата  
СССР.

На первой странице обложки (Ме-  
дицинский многофункциональный  
комплекс на базе персональной  
ЭВМ) — фото О. В. Чиркина.

На второй странице обложки — фото  
Э. А. Туницкого

На четвертой странице обложки —  
фото А. К. Платонова

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Одним из наиболее заметных проявлений вызванного микропроцессорной революцией резкого перехода вычислительных систем на более высокий уровень эффективности явилось создание персональных ЭВМ. Главной чертой новых машин оказывается возможность их непосредственного использования в профессиональной деятельности миллионов людей, большинство из которых ранее не имели дело с вычислительной техникой.

Выигрыш в эффективности от внедрения этих машин оценивается уже не в процентах (или долях процентов) как от внедрения традиционного оборудования: в несколько раз повышается производительность труда проектировщиков, технологов и многих других категорий трудящихся, рабочие места которых оснащаются персональными ЭВМ.

Массовое производство и, соответственно, низкая стоимость этих машин вместе с очевидно высоким уровнем их экономической эффективности закономерно вели к ситуации, когда парк персональных ЭВМ начал быстро расти: их общемировой парк оценивается в 10 млн., а к 1990 году достигнет 100 млн. машин. В этих условиях уместно вспомнить слова академика П. Л. Капицы, который, объясняя трудности перехода от этапа использования единичных «урановых котлов» к широкому промышленному использованию атомной энергии, предупреждал, что это потребует комплексного решения ряда принципиально новых для энергетики проблем: экологических, социальных, психологических и т. д. Аналогичным образом, массовый выпуск персональных ЭВМ требует решения ряда новых для индустрии ЭВМ проблем: социально-экономических, психологических и т. д.

Особую остроту приобретает на этом этапе задача стандартизации аппаратного и программного обеспечения в условиях неудержимо растущего многообразия типов и семейств микроЭВМ.

Одновременно с решением всех этих многоплановых задач опережающими темпами необходимо вести работу по скорейшему достижению всеобщей «компьютерной грамотности», чтобы к моменту, когда в народное хозяйство пойдет, наконец, поток персональных ЭВМ, у нас было бы уже поколение выпускников средних школ, ПТУ, техникумов и вузов, способных эффективно использовать их в народном хозяйстве.

Академик А. П. Александров отмечал: «Когда работы по вычислительной технике в нашей стране только развертывались, Академия наук не заняла в них ведущего положения, и в результате они оказались рассредоточены по разным министерствам, каждое из которых стало разрабатывать собственные модели, нередко выбирая в качестве образцов самые разные зарубежные разработки...». («Вестник АН СССР, 1983, 7, с. 44»). Чтобы не повторять этих дорогостоящих ошибок на новом этапе развития индустрии ЭВМ вновь созданное Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР должно взять на себя ведущую роль в разработке и проведении единой научно-технической политики в этой области.

**Б. Н. Наумов,**  
Член-корреспондент АН СССР

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Микропроцессорная революция, которую мы переживаем в настоящее время — это массовое внедрение микропроцессорной техники в народное хозяйство страны. Применение микропроцессоров приведет к созданию новых приборов, машин, гибких (переналаживаемых) автоматизированных производств, которые позволят повысить производительность труда во всех отраслях экономики.

Широкое применение микропроцессорной техники связано с рядом проблем, решением которых должны заниматься соответствующие министерства и ведомства. Многие из этих проблем изложены в программной статье заместителя председателя Государственного комитета СССР по науке и технике А. К. Романова в первом номере этого журнала.

Одним из важнейших факторов, способствующих широкому использованию микропроцессорной техники в народном хозяйстве, является подготовка квалифицированных кадров, владеющих методами проектирования приборов, линий, систем и гибких производств с применением микропроцессорных средств на аппаратном и программном уровнях.

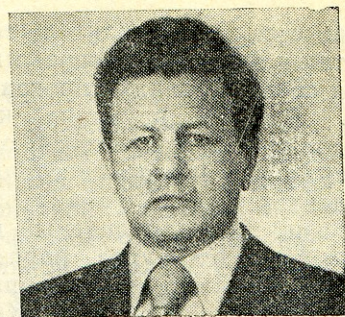
При организации обучения специалистов новым достижениям науки и техники всегда возникают три основных вопроса: кого учить, чему учить, как учить?

Успешное применение микропроцессорных средств требует глубокого знания объекта управления. Не вызывает сомнения тот факт, что гораздо проще и эффективнее обучить специалистов из различных сфер деятельности одной новой дисциплине — аппаратным и программным средствам микропроцессорной техники, чем специалистам по микропроцессорной технике овладеть многими дисциплинами, определяющими конкретную сферу деятельности.

По глубине изучения средств микропроцессорной техники в настоящее время целесообразно выделить несколько уровней подготовки.

Для **первого** уровня достаточно ознакомление с возможностями серийных микропроцессорных средств как устройств автоматической обработки информации для последующего понимания их функционирования в конкретной системе.

Специалисты первого уровня подготовки должны знать: современное состояние и воз-



**МЯСНИКОВ**

**ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ**

*начальник Главного управления вычислительной техники и систем управления ГКНТ СССР, доктор техн. наук, профессор*

можности использования микропроцессорных средств в соответствующих областях народного хозяйства; архитектуру и программное обеспечение микропроцессорных вычислительных систем (МВС); средства и методы отладки микропроцессорных программ, а также уметь эксплуатировать установки и приборы со встроенными микропроцессорами и микроЭВМ; писать и отлаживать программы для МВС, предназначенных управлять объектами.

Для **второго** уровня подготовки характерно изучение микропроцессорных средств с целью применения их в конкретных областях.

Специалисты второго уровня подготовки должны знать: современное состояние и возможности элементной базы микропроцессорной техники; основы проектирования МВС и их программного обеспечения (библиотеки стандартных пакетов прикладных программ); принципы проектирования объектов, в состав которых входят микропроцессорные средства; методы моделирования и алгоритмизации вычислительных задач; системы отладки программ и настройку МВС. Они также должны уметь: проектировать установки и приборы, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), в состав которых входят микропроцессорные средства; разрабатывать эффективные алгоритмы управления объектами, приборами и процессами; вести монтаж, настройку и обслуживание микропроцессорных средств управляемых объектов.

Представляется целесообразным для специалистов и первого, и второго уровней давать базовую подготовку в виде отдельного курса «Микропроцессоры и микроЭВМ» объемом не менее 50 ч (лекций — 34 ч, лабораторных занятий — 16 ч). Эта дисциплина должна включать как рассмотрение технических средств, например, микропроцессорных комплектов КР580 или К1810 и микропро-

цессорных вычислительных систем на их базе, так и изучение программирования этих систем и средств отладки программ.

В профилирующих курсах в дальнейшем должно продолжаться обучение применению средств микропроцессорной техники. Для студентов второго уровня подготовки целесообразно читать отдельный курс (или значительный раздел курса, порядка 50 ч) по вопросам применения микропроцессорной техники в конкретной области. Кроме этого, должны быть предусмотрены лабораторные практикумы и курсовые проекты.

Практическая подготовка, в полной мере обеспечивающая второй уровень, будет достигнута только в том случае, если студент по заданному комплексу условий управления конкретным объектом сможет выбрать (по разрядности, быстродействию и т. п.) необходимый микропроцессорный комплект, разработать структурную схему микропроцессорной вычислительной системы, собрать ее, составить, отладить и записать управляющую программу в постоянное запоминающее устройство, затем проверить работоспособность созданной системы на объекте или на его модели.

Специалисты **высшего** уровня подготовки должны уметь проектировать, создавать и сдавать «под ключ» гибкие автоматизированные производства. Необходимо расширить число специалистов, непосредственно связанных с разработкой, системным программным обеспечением, перепрограммированием и эксплуатацией гибких производств, систем, технологических модулей и ячеек на базе ЭВМ всех классов.

Важное значение в подготовке специалистов имеет **лабораторный практикум**. Учебные лаборатории целесообразно создавать в соответствии с уровнями подготовки.

В лабораториях *базовой* подготовки (для первого и второго уровней) должны изучаться микропроцессорные комплекты, программирование микропроцессорных вычислительных систем и отладка программ. В лабораториях *специальной* подготовки (для второго уровня) следует изучать вопросы функционирования конкретных объектов со встроенными микропроцессорными средствами. В лабораториях для высшего уровня подготовки необходимо изучать применяемую в конкретной отрасли народного хозяйства системотехнику: ЭВМ всех классов, системы САПР, управления, связи, локальные вычислительные сети; стандартизированные пакеты прикладных программ, разработанные по модульному принципу; деловые игры по гибкому изменению и наращиванию функций управления.

Следует особо отметить проблемы, связанные с оснащением лабораторий. В некоторых

вузах (МИФИ, МИЭТ, ЛЭТИ и др.) и на предприятиях Министерства электронной промышленности СССР разработаны установки для изучения микропроцессорных комплектов и приобретения навыков программирования — тренажеры, микротренажеры, обучающие устройства, лабораторные стенды. Однако серийный выпуск одних установок еще не налажен, другие выпускаются в недостаточном количестве или без встроенного источника питания.

Установки для изучения микропроцессорных комплектов должны представлять собой стандартизированные законченные изделия с автономным питанием, а также подключаемые к сети. Они должны быть удобны в эксплуатации, надежны и не дороги. Надо учитывать, что эти установки будут эксплуатироваться не только на предприятиях, в высших и средних специальных учебных заведениях, но и в профессионально-технических училищах, учебно-производственных комбинатах школ. Разработка и массовое производство таких установок — важная задача предприятий-разработчиков микропроцессорных комплектов. Установки должны выпускаться одновременно с соответствующими микропроцессорными комплектами (МПК).

Централизованная разработка и изготовление установок для изучения микропроцессорных комплектов предприятиями Министерства электронной промышленности СССР существенно упростила бы и ускорила подготовку и выпуск методических пособий.

**Учебная литература** играет важную роль в подготовке специалистов. Ежегодно выходят десятки книг по микропроцессорной тематике, публикуется много статей. Однако эта литература предназначена для специалистов в области вычислительной техники. Учебника же, рассчитанного на неподготовленного читателя, пока нет. Представляется целесообразным объявить конкурс на лучший учебник по микропроцессорной технике для неспециалистов.

Требуется четко выделить круг изучаемых вопросов. Сложность состоит в том, что специалист должен хорошо знать и аппаратные средства, и программное обеспечение микропроцессорных систем. Что касается аппаратных средств, то, видимо, достаточно изучить по одному микропроцессорному комплекту БИС на базе микропроцессоров с фиксированной и наращиваемой разрядностью и вопросы построения микропроцессорных систем на базе этих комплектов — подключение памяти и внешних устройств. Многие вопросы, связанные с изучением программного обеспечения микропроцессорных систем, ждут своего решения. Например, следует ли знакомить студентов с программированием в машинных кодах и на языке ассемблер? Сколько и ка-

кие я  
«Стар  
— П  
боты  
с кро  
темы  
UNIX  
П  
вопр  
можн  
вател  
О  
связа  
микро  
ре, в  
ны в  
щиеся  
прогр  
В  
напри  
ется  
ально  
ки сп  
федре  
ваннь  
техни  
борат  
микро  
техни  
други  
подав  
боту  
пособ  
Со  
облас  
микро  
соотве  
специ  
товки  
но гиб  
делам  
щей п  
матер  
товки  
жет д  
дивид  
шение  
Бо  
нию м  
ред М  
судар  
ональ  
Не  
товки  
ке и п  
будет  
ной гр  
ном по  
пускни  
нальн

кие языки высокого уровня надо изучать? «Старые» — ФОРТРАН, Бейсик или «новые» — Паскаль, АДА? Предпочесть изучение работы с резидентными средствами отладки или с кросс-системами? Какие операционные системы следует изучать (ФОДОС, СР/М-80, UNIX и др.)?

Практически при решении этих и других вопросов часто приходится исходить из возможностей конкретного вуза — его преподавательских кадров и лабораторной базы.

Очень важно координировать все вопросы, связанные с подготовкой специалистов по микропроцессорной технике, по крайней мере, в рамках одного вуза. Такую роль должны взять на себя кафедры, специализирующиеся в области вычислительной техники и программирования.

В Московском энергетическом институте, например, микропроцессорная техника изучается студентами более 25 различных специальностей. Для повышения качества подготовки специалистов решением ректора при кафедре системотехники создан «Специализированный учебный центр микропроцессорной техники». В рамках центра организованы лаборатории для изучения микропроцессоров и микроЭВМ. Преподаватели кафедры системотехники читают курсы лекций и студентам других специальностей, консультируют преподавателей и студентов, ведут большую работу по подготовке методических и учебных пособий.

Совершенствовать обучение студентов в области разработки и применения средств микропроцессорной техники невозможно без соответствующей подготовки преподавателей специализирующих кафедр. Система подготовки преподавателей должна быть достаточно гибкой и дифференцированной как по разделам, охватывающим различные аспекты общей проблемы, так и по глубине изложения материала в соответствии с уровнями подготовки специалистов. Наибольший эффект может дать подготовка преподавателей по индивидуальным планам, направленным на решение практических задач кафедр.

Большие задачи в деле обучения применению микропроцессорной техники стоят и перед Министерством просвещения СССР и Государственным комитетом СССР по профессионально-техническому образованию.

Несомненно, что решение вопросов подготовки квалифицированных кадров по разработке и применению микропроцессорных средств будет содействовать повышению «компьютерной грамотности» молодежи. Под этим термином понимается уровень знаний и умения выпускников общеобразовательной и профессионально-технической школ в области практиче-

ской алгоритмизации задач, составления программ и их отладки на ЭВМ или, как минимум, на программируемом калькуляторе.

В настоящее время уровень «компьютерной грамотности» молодежи невысок. Это объясняется рядом причин технологического и организационного характера. Учитывая «Основные направления реформы общеобразовательной и профессиональной школы», следует приложить максимум усилий для резкого подъема уровня знаний молодежи в этой области. В нашей стране для этого есть все условия. Необходимо в первую очередь оснастить общеобразовательные школы и профессионально-технические училища средствами вычислительной и микропроцессорной техники, обеспечить всеобщее преподавание основ ЭВМ и программирования в старших классах средней школы и практические занятия на ЭВМ (60—100 ч). Академия наук СССР, Министерство радиопромышленности СССР и Академия педагогических наук разработали научно-методические основы применения ЭВМ в школах, создали типовые программно-технические комплексы на базе микроЭВМ «Агат». Теперь дело за скорейшим оснащением школ этими комплексами.

В июне 1982 г. заключено Генеральное соглашение стран—членов СЭВ о многостороннем сотрудничестве в развитии и широком использовании в народном хозяйстве микропроцессорной техники. В рамках этого соглашения ученые работают над определением номенклатуры специальностей и общего объема учебной нагрузки для подготовки специалистов рассматриваемого профиля с высшим образованием. Определяются основные категории руководящих работников и специалистов, которых необходимо учить разработке и применению микропроцессорных средств. Более широкое и тесное сотрудничество в решении этих проблем, включая обмен учебными программами для ЭВМ, учебными пособиями и т. п., несомненно, будет способствовать успешному решению задач по подготовке соответствующих кадров в интересах всех стран социалистического содружества.

Широкое поле деятельности открыто и для кооперированного создания и производства программно-технических комплексов в интересах образования. Так, заслуживает внимания опыт чехословацких специалистов, создавших и выпускающих в течение ряда лет школьную микроЭВМ TEMS-80—03А. Эта ЭВМ применяется при обучении основам микропроцессорной техники и программирования микропроцессоров серии КР580. Она проста по конструкции, размещается в чемодане типа «дипломат», имеет встроенный источник питания и не требует специального обслуживания.

А. П. Ершов

# АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ СЛУЖАЩИХ

## Введение

Поскольку основу данного обзора составляют зарубежные источники, следует для начала сопоставить русскую и зарубежную терминологию. Словосочетание, поставленное в заголовок статьи, равнообъемно английскому «office automation» или «office work automation». Переводить его, однако, буквально — «автоматизация офиса» — неправомерно, так как русское «офис» понимается существенно более узко, нежели «офис» в английском. В качестве эквивалента английскому «office» как собирательному понятию автор будет употреблять слово «контора», которое хотя и не воспринимается как точный эквивалент, но все же среди других русских слов, пожалуй, наиболее подходит к дополнительной смысловой нагрузке, соответствующей теме статьи. Кстати говоря, «конторская работа» и «конторская деятельность» уже употребляются в русском языке, в особенности в обзорных и переводных материалах. По мнению автора, русское «служащий» вполне соответствует английскому «white collar», обозначающему всех тех, кто работает в конторах в качестве основного персонала. В русском языке нет эквивалента английскому «clerk» (русское «клерк» к категории советских служащих не применяется). В зависимости от контекста автор будет называть эту группу служащих конторскими служащими или младшими специалистами.

Наиболее прямым аналогом английского «work station» является «автоматизированное рабочее место». Это, однако, слишком длинно, а сокращение «АРМ» не привычно в экстраполяции на рабочие места служащих не ИТР. Кроме того, в обзорных и переводах уже укоренилась калька-перевод «рабочая станция». Автор будет употреблять этот термин для обозначения совокупности технических средств, устанавливаемых на рабочих местах служащих, хотя всюду, где это уместно, будет использоваться и сокращение «АРМ».

Обзор начинается с общей характеристики работы служащих. Затем прослеживается тенденция автоматизации их работы, как наиболее массовой и решающей по своим последствиям области применения ЭВМ.

Анализируется функционирование конторы как объекта автоматизации. Центральную часть статьи составляет обзор текущего состояния технических средств программного обеспечения и систем автоматизированной конторы. Далее дается краткий обзор перспективных исследований по материалам ведущих научных конференций 1983 года. В заключении резюмируется краткосрочная перспектива автоматизации работы служащих и называются наиболее актуальные проблемы. Обзор построен, в основном, на материалах 1983 года, в том числе отражающие такие крупные научно-технические собрания, как Конгресс ИФИП-83, международная выставка СИКОБ-83 во Франции и Национальная вычислительная конференция в США.

## Общая характеристика работы служащих

Наиболее универсальной характеристикой работы служащих является их отстраненность от материального мира: они не участвуют непосредственно в промышленном и сельскохозяйственном производстве, не строят и не перемещают предметы материального производства. Удел служащих — не сам материальный мир, а знание о нем, их сырьем и продуктом является информация, которую им предстоит перерабатывать.

Основной социальной функцией работы служащих является, по мнению Г. Шервуда [27], решение старой задачи: предоставить нужную информацию нужному человеку в нужное время.

Операционно работа служащих складывается из чтения, письма, размышления и общения между собой и другими людьми. Основным средоточием информации является документ — организованное и устойчивое сочетание текстовой, числовой и образной (зрительной и слуховой) информации. Посредством документа в работу служащих входит материальный компонент в виде его физического носителя (прежде всего, бумаги) и технических средств, используемых при работе с документами. Местом работы служащих и хранения обрабатываемой ими информации является контора. Понятие конторы также имеет материальный (конторское помещение и

оборудование) и организационный компоненты. Контора может быть самостоятельным учреждением, входить в более крупную организационную структуру или быть информационно-управляющей ячейкой в сфере производства или обслуживания.

В широком плане контора — предприятие сферы обслуживания, поскольку возникающая в ней информация всегда имеет адресата — клиента конторы, использующего эту информацию. Все чаще, однако, информация становится товаром, к тому же подчиняющимся законам рыночного производства. В этом случае связь с клиентом осуществляется сферой распределения и торговли, что приближает контору к своеобразному производственному предприятию. Хорошо известными примерами такого рода информационной промышленности являются издательское дело, теле- и радиовещание, а в последнее время — производство программного обеспечения ЭВМ. Другой особенностью работы служащих является то, что контора — это не только источник «оконечных» информационных услуг, но и источник решений, регламентирующих поведение людей или распределение материальных ресурсов.

Отношение работы служащих к другим видам производственной деятельности характерно прежде всего неуклонным ростом ее удельного веса. В США доля служащих (включая 6 млн. продавцов) в общем количестве работающих по найму увеличилась с 18% в 1900 году до 52% в 1980 году [15], составляя 52 млн. человек, работающих в трех с половиной миллионов контор и получивших 60% всей зарплаты и общественных фондов потребления США, т. е. 780 млрд. долларов [5]. Для промышленных организаций стоимость работы служащих занимает ведущее место (табл. 1) среди главных статей расходов предприятия такого рода [27]:

Таблица 1

Статья расхода	Доля (в %)
Стоимость работы служащих (общая)	33,5
Зарплата рабочих	17,5
Проценты банкам	2
Налоги	12
Сырье и производство	25
Прочие расходы	10
Всего	100

Увеличение доли служащих, с одной стороны, вызвано необходимым усложнением организации человеческого общества и требованием больших знаний во взаимодействии с при-

ционный  
ет быть  
м, вхо-  
изацион-  
информа-  
в сфе-  
живания.  
тора —  
кивания,  
ней ин-  
сеса —  
чего это  
ако, ин-  
м, к то-  
ам ры-  
ном слу-  
твляется  
орговли,  
своеоб-  
пред-  
и приме-  
ционной  
здатель-  
ние, а в  
водство  
М. Дру-  
служащих  
— это не  
инфор-  
чник ре-  
ведение  
териаль-

ащих к  
ной дея-  
е всего  
ного ве-  
но (вклю-  
щем ко-  
му уве-  
до 52%  
52 млн.  
ех с по-  
и полу-  
и обще-  
а США,  
5]. Для  
й стои-  
анимае-  
ди глав-  
приятия

ца 1  
Доля  
(в %)

33,5  
17,5  
2  
12  
25  
10  
100

их, с од-  
ходимым  
еловечес-  
м боль-  
и с при-

родой, с другой стороны, оно становится возможным благодаря отношению сокращения занятости в сфере производства, вызванному его автоматизацией и интенсификацией.

К традиционным видам работы служащих относятся: управление (административное и финансовое), проектирование, научно-исследовательская работа, образование и распространение информации. К этому непосредственно примыкают, сохраняя определенное своеобразие, искусство и здравоохранение. В то же время по ряду показателей различие между служащими и другими крупными группами самостоятельного населения (прежде всего рабочими) постепенно стирается. Функция рабочего в условиях автоматизированного производства все в большей степени выглядит как обработка информации: наблюдение и манипулирование датчиками управляющих сигналов. Отличие такой операторской работы от работы служащего, в основном, состоит в необходимости работы в режиме реального времени в непосредственной близости от машин. Другая стирающаяся грань — между служащими и низовыми работниками сферы обслуживания, прежде всего, продавцами, которые становятся либо операторами кассовых аппаратов, либо консультантами в торговом зале или приемном пункте обслуживания.

Внутри конторы служащие делятся на четыре главные группы. Это расхождение подтверждается многими показателями, которое можно определить по степени и характеру участия в работе с документами (далее в скобках указан процент стоимости труда соответствующей группы в США согласно [27]). Первую группу составляют руководители и распорядители (26%), принимающие решения и образующие в конторе своего рода внутреннюю клиентуру, для которой готовят информацию другие служащие. Вторую группу образуют специалисты (40%), ведущие регламентированную творческую работу, требующую специальных знаний. Как правило, специалисты являются источником новой информации, воплощаемой в документах. Третью группу составляют (около 20%) младшие специалисты (clerks), ведущие регламентированную работу, но требующую понимания обрабатываемого документа (экспедиторы, расчетчики, корректоры, библиотекари и др.). Четвертую группу образует вспомогательный персонал (14%), ведущий регламентированную работу, не требующую полного понимания обрабатываемого документа, но требующую определенного навыка и умения (перфораторшницы, секретарши, стенографистки, телефонные операторы, машинистки и т. п.). В 1980 году в США было 11 млн. руководителей и распорядителей, 16 млн. специалистов и 19 млн.

младших специалистов и обслуживающего персонала [15].

Главным стимулом повышения эффективности работы служащих является нарастание разрыва между задачами, стоящими перед конторой, и ее способностью их решать. Человеческие ресурсы экстенсивного развития конторской работы близки к исчерпанию, а рост производительности труда служащих за последние 10 лет ничтожен: 4% по сравнению с 83% роста у рабочих [17]. Начинают проявляться разного рода признаки деградации существующей системы организации конторской работы. По данным страховой компании Релайенс Иншуренс 25% ее человеческих ресурсов тратится на создание бумаг, 80% которых ни разу не использовалось до момента уничтожения или перезакладывания на хранение. По данным транснациональной компании Авон (35 тыс. сотрудников, бизнес в 30 странах) средний коэффициент использования документов не превышает 56%, в то же время из нужных документов 63% — срочные, т. е. требуют доставки в течение суток после подготовки. Однако внутренняя почта компании тратит на доставку документов в среднем 2,3 дня, почта из домашнего рабочего места доходит за 3,5 дня, а общая почта — за 4,7 дня. В целом из наиболее важных документов опаздывает каждый четвертый [27].

Особенностью предстоящего этапа автоматизации работы служащих является широкое применение ЭВМ, в частности персональных ЭВМ, объединяемых в локальные сети, перенос всего документооборота на машинные носители, комплексная автоматизация. Автоматизация конторской работы ожидает стать самым массовым применением ЭВМ, хотя и находящимся в самом начале пути. Сейчас специалисты в среднем про-

водят с ЭВМ меньше 1% своего времени, а перо и бумага являются их главной техникой. Предстоящий объем капитальных затрат на контору в США на ближайшие два года оценивается в 73 млрд. долл. с ожидаемым экономическим эффектом к 1990 г. в 300 млрд. долл. [17].

## Направление развития автоматизации работы служащих

Конторская работа стала объектом автоматизации почти одновременно со своим становлением как отдельного вида работы по найму, т. е. с середины XIX века. До современного периода ее основные вехи: стальное перо, пишущая машинка, телеграф, телефон, диктофон, перфорационные машины, авторучки, ксерокопир, ротапринт. Некоторые из этих изобретений вышли за пределы специального применения и стали универсальными орудиями, определяющими облик современной цивилизации. В то же время они не меняли природы конторской работы и ее экстенсивного развития, происходившего на фоне серьезной структурной перестройки общественного производства. В табл. 2 показана эволюция распределения (в %) работающих по найму во всех сферах национальной экономики США за исключением сельскохозяйственного производства [13].

Начиная с 1950-х годов на сцену вышла электронная вычислительная техника, развивающаяся с невиданным ранее темпом. Каждое десятилетие происходила смена поколений, улучшавшаяся на порядок функциональные возможности ЭВМ. Динамика смены поколений демонстрируется многими показателями; один из наиболее лаконичных и образных принадлежит Р. Меткалфу [23]:

Таблица 2

Сферы национальной экономики США		1920 г.		1950 г.		1980 г.	
Производство	горная добыча и строительство	47	9	41	7	28	6
	промышленность		38		34		22
	государственный сектор	53	10	59	13	72	18
Обслуживание	услуги		9		12		20
	финансы, страхование		4		5		6
	оптовая и розничная торговля		17		21		22
	транспорт, связь, коммунальные услуги		13		8		6

1950-е — макси-ЭВМ в отрасли;  
1960-е — миди-ЭВМ на предприятиях;  
1970-е — мини-ЭВМ в отделении;  
1980-е — микроЭВМ на рабочем месте;

1990-е — нано-ЭВМ в устройстве.  
К 1990 г. по прогнозу компании Артур Д. Литтл [15] 40—50% работающих в США будут ежедневно использовать то или иное вычислительное оборудование; в производстве, конторах и учебных заведениях будет установлено около 38 млн. рабочих станций, основанных на ЭВМ; в домах — до 34 млн. персональных ЭВМ или терминалов, дополненных порядка 7 млн. дорожных портативных ЭВМ. К 2000 г. информационно-вычислительные мощности перестанут быть лимитирующим фактором для какого бы то ни было применения ЭВМ, а еще через пару десятков лет совместное развитие и сращивание вычислительной и коммуникационной техники обеспечат неограниченный доступ к любой нужной информации и к любым вычислительным мощностям независимо от времени и местонахождения работающего.

Использование вычислительной техники в конторах началось в 1960-е годы, происходит нарастающими темпами и, начиная с 1980-х годов, будет предопределять характер автоматизации работы служащих. В. Е. Джулиано [15] рассматривает три стадии в эволюции конторы: традиционная (preindustrial), производственная (industrial) и электронная (information age).

Традиционная контора невелика, представляет собой сложившийся коллектив знающих друг друга людей с достаточно широким кругом обязанностей. Хорошую контору характеризуют три признака живой работы: постоянная оценка ситуации, инициатива и быстрая коммуникация. Традиционный стиль работы конторы устойчив к переменам при сравнительно небольшом объеме работы и по ряду показателей хорошо подготовлен к переходу в электронную контору.

Производственная контора появилась прежде всего в банках и крупных государственных учреждениях с большим объемом однотипной работы. Она основана на формализации работы, выделении специализированных функций, дробном распределении труда, централизации вспомогательной работы и ее организации по поточному принципу. Аналогично организовано и применение ЭВМ. Оно базируется на формировании и поддержании крупных информационных фондов однородных данных и на массовых вычислениях над такого рода данными. Уделом автоматизации в конторах производственного типа в 1960-х годах стали отдельные задачи организационного управления на предприятиях (АСУ),

финансовой деятельности и некоторые формы информационного обслуживания (начисление зарплаты, учет движения материальных ценностей, автоматизация платежей и исполнения финансовых поручений, резервирование билетов, библиографические и информационные системы, информационные пулы спроса и предложения и т. п.). Важным техническим изобретением того времени стала автоматическая идентификация клиентов с помощью предъявительских карт, содержащих индивидуальный код клиента (например, кредитных карт), а также организация финансовых перечислений по специальным телеграфам. В результате, например, количество телеграфных перечислений по государственной сети Фидвайр с 1950 г. по 1980 г. возросло в США в 30 раз, составив 14 млн. перечислений на общую сумму в 78,6 трлн. долл. Количество операций с кредитными картами в 1980 г. превысило 1 млрд. [11].

Производственная организация конторы имеет свои издержки, способствуя усилению бюрократизма и увеличению объема «бумажной работы». Обследование, проведенное в 1979 г., показало, что каждая из 48 крупнейших компаний в США ежегодно тратит в среднем 54 млн. долл. для подготовки отчетности правительственным органам [17].

Электронная контора — это концепция последних лет. Она направлена на то, чтобы на основе «тотального» использования возможностей вычислительной техники объединить достоинства предыдущих стадий развития, освободившись от их недостатков. Практически исключая внутриконторское представление документов на бумаге и отказываясь от дробного распределения функций, электронная контора восстанавливает традиционную форму концентрации работы вокруг специалиста или руководителя. Информационно-вычислительные мощности также персонализуются с сохранением электронной связи внутри конторы и с централизованными базами данных или удаленными подразделениями. Происходит переход от концепции вычислительного центра к децентрализованной сети автоматизированных рабочих мест.

Создание электронной конторы является трудным делом. Оно предъявляет высокие требования к качеству технических и программных средств, тщательному учету человеческого фактора и особенностей конкретной сферы деятельности конторы. Однако только на этой стадии удается существенно повысить производительность труда высокооплачиваемого персонала и уменьшить трудозатраты (иногда в два раза), в частности путем сокращения числа прикладных программистов [29]. Значительно повышается эффективность и по дру-

гим показателям. Если обычная подготовка делового письма с перепечаткой на машинке и отправкой по почте обходится в 7 долл., а с использованием процессора обработки текстов — в 2 долл., то формирование и передача письма по электронной почте обходится всего в 30 центов [15]. Электронная контора благодаря электронной почте и портативным терминалам обеспечивает прямое взаимодействие между людьми, не требуя их физической концентрации в пределах одного помещения. Хорошо это или плохо — стирается организационный и пространственный барьер между служебным и домашним временем. Работа на дому или не полный рабочий день получает новое качество. Почти метафорическое понятие «незримого коллектива», сложившееся в научной работе, получает вполне реальное содержание, сильно ускоряя темпы научных исследований.

Концепция электронной конторы дает перспективу существенного повышения эффективности работы служащих со значительным удельным весом творческой работы, требующей в то же время интенсивной обработки больших объемов сложной организованной информации.

В целом подавляющее большинство контор к настоящему времени сохранило традиционную форму работы, за исключением банков, страховых компаний и коммерческих отделов крупных корпораций, где сложились конторы производственного типа. Автоматизация конторской работы на основе вычислительной техники за последнее десятилетие затрагивала, главным образом, младший и вспомогательный персонал, уже вызвав заметные изменения в структуре профессий. В табл. 3 показана динамика изменений численности шести профессий вспомогательного персонала на 1980 г. относительно 1972 г. [15].

Таблица 3

Профессия	Изменение в %
Операторы за ЭВМ и терминалами	+170
Перфораторшицы	—8
Секретари	+30
Стенографистки	—50
Машинистки	+1
Телефонные операторы	—20

### Функционирование конторы

Состав рабочих операций традиционной конторы весьма разнообразен [27]: писание, печатание, диктов-

ка, поэз  
карто  
тироп  
ции,  
копир  
план  
ну, ч  
При  
ставл  
боч  
служ  
конт  
форм  
Катег  
рия сл  
Руководитель  
Специалист  
Младший и вспомога  
тельный персонал  
Г  
элек  
стве  
раци  
ния  
го,  
ком  
был  
нен  
ской  
ван  
ных  
был  
ных  
общ  
фика  
куме  
мент  
ност  
под

ная под-  
перепе-  
кой по  
а с ис-  
работки  
мирова-  
электрон-  
30 цен-  
на благо-  
ортатив-  
ет пря-  
людьми,  
центра-  
ещения.  
тирается  
ственный  
домаш-  
му или  
чает но-  
рическое  
ва», сло-  
получа-  
ние, силь-  
исследо-

конторы  
ного по-  
ты слу-  
дельным  
требую-  
ной об-  
сложно

льшинст-  
мени со-  
у рабо-  
страхо-  
их отде-  
де сло-  
ственного  
ской ра-  
ной тех-  
е затра-  
младший  
ал, уже  
в струк-  
показана  
ости ше-  
ого пер-  
сительно

ца 3

Изме-  
нение  
в %

+170  
-8  
+30  
-50  
+1  
-20

оры

тради-  
знообра-  
диктов-

ка, общение, выверка документов, поездки, работа с почтой, ведение картотек, ожидание, подборка и сортировка документов, поиск информации, чистка информационных фондов, копирование, выполнение расчетов, планирование, разговор по телефону, чтение, работа за терминалом. При всей приблизительности представляет интерес распределение рабочего времени основных категорий служащих по группам операций (для конторы, связанной с обработкой информации) (табл. 4):

Таблица 4

Категория служащих	Вид работы	Доля (в %)
Руководитель	Запланированное общение	50
	Незапланированное общение	10
	Разговоры по телефону	7
	Работа за столом	24
	Поездки	6
	Прочие	3
	Итого	100
Специалист	Общение	41
	Программирование	20
	Писание	16
	Лаборантско-секретарская работа	9
	Прочее	14
	Итого	100
Младший и вспомогательный персонал	Работа за клавиатурой	38
	Копирование, раскладка, распространение документов	17
	Ведение информационных фондов	21
	Прочее	24
	Итого	100

Полноценное развитие в сторону электронной конторы требует существенной конкретизации рабочих операций и в то же время представления их в обобщенной форме для того, чтобы капитальные затраты на компьютеризацию каждой функции были бы оправданы широтой применения соответствующей параметрической системы. В проектном исследовании, проведенном одной из крупных финансовых организаций США, было идентифицировано 38 обобщенных функций электронной конторы: общая обработка документов; верификация документов; оформление документов; локальное хранение документов; обеспечение сквозной доступности документов без дублирования; поддержка способов общения, не по-

кидая привычной обстановки рабочего места; дистанционная и совместная работа над документом; электронная почта; персональная обработка данных; составление документов; воспроизведение и размножение документов полиграфического качества; объединение электронной и вербальной коммуникаций; обмен информацией между базами данных; ввод данных или форм; персональные базы данных; генерация отчетов по обработке данных; управление ресурсами; контроль исполнения; управление личным временем; контроль автоматической корреспонденции; поддержка технического и профессионального инструктажа; передача данных; обеспечение разнообразия в наглядном представлении материала; обеспечение стилистического качества документов; моделирование и имитация; поддержка принятия решений; средства самообразования и саморазвития; служба консультаций и прецедентов; поддержка учебного процесса; адаптируемые автоматизированные рабочие места; обмен локальной и персонализированной информацией; службы видеотекста; обмен и интеграция программных средств; перенос документов с одного носителя на другой; полиграфическое оформление документа; телефонные совещания; групповой контакт через терминалы; телевизионные совещания [27].

Естественно, что такое разнообразие функций требует некоторой группировки и выделения наиболее ключевых из них как объектов автоматизации. Г. Шервуд выделяет восемь таких функций: обработка текста; электронная почта; персональные ЭВМ и терминалы; запоминание и обработка голосовой информации; электронное хранение документов; передача и обработка факсимильной информации; дистанционные совещания; использование общих систем связи.

Многие мнения о сущности электронной конторы можно выразить более сжато, выделив триаду важнейших функций, подлежащих совместной и взаимосвязанной автоматизации: электронная связь, электронное создание документа. Эта триада тянет за собой все остальное.

По вопросу о критериях эффективности автоматизации работы служащих единого мнения еще не сложилось. Ряд организаций по привычке пытается поставить во главу угла чистую экономию на расходах на управление. Этот подход, однако, страдает ограниченностью и может привести к стратегическим просчетам. Г. Шервуд полагает, что в условиях промышленного предприятия автоматизация работы служащих может сократить общие расходы на контору, примерно, на 25%. «Первая волна» отдачи может быть по-

лучена уже за счет больших капиталовложений в работу служащих, которая сейчас сильно отстает по капиталоемкости от промышленного производства. Однако наиболее важной и реальной целью автоматизации работы служащих является повышение качества административных и проектных решений, вызревающих в конторе.

В создании электронной конторы есть две стадии. Первая — собственно «электронизация», состоящая в переносе на машинные носители информационной базы и документооборота, продвижение информационно-вычислительных ресурсов на рабочие места, обеспечение электронной связи между рабочими местами и пунктами возникновения информации. Это наиболее капиталоемкая стадия, к которой, к сожалению, иногда полностью сводится процесс автоматизации конторы, обрекая все мероприятие на неудачу. Вторая стадия — организация функционирования конторы в новых условиях, которая решается, главным образом, программными средствами, подготовкой персонала, созданием новых организационных процедур. Эта стадия требует меньших расходов, но большего кропотливого труда и является в высшей степени «знаниемоей».

В отличие от предыдущих этапов автоматизации основных следует считать повышение эффективности работы руководителей и специалистов. Не менее 15% их времени может быть сэкономлено за счет ожиданий, избыточных звонков, прерываний, бумажной работы, беготни и других аналогичных факторов. Основная часть работы может быть сделана более эффективной благодаря прямой машинной поддержке.

В исследовании Т. Биксон и Б. Гутек [5] показано, что важным критерием успеха в автоматизации конторы является самооценка условий работы сотрудников, в которой выделяются, прежде всего, четыре фактора:

— функциональность — насколько естественно и легко система вводит, изменяет, организует и хранит информацию;

— работоспособность оборудования, включая быстроту и качество ремонта;

— интерактивность — удобство связи с ЭВМ и друг с другом;

— обстановка в конторе — адекватность, размещение оборудования, пространство, мебель.

Интересно отметить, что в обследовании, затронувшем 530 сотрудников 55 контор в 26 организациях, наименьшая степень удовлетворенности текущим состоянием (1982 г.) касается таких факторов как быстрота и качество ремонта, качество пользовательской документации, вре-

мья реакции ЭВМ и физическая организация рабочих мест.

В исследовании Дж. Атарди [4] обращается внимание на то, что при автоматизации работы служащих с помощью персональных ЭВМ нужно идти по пути более или менее прямой имитации приемов, вошедших у сотрудников в привычку в домашний период. Процессоры текста должны представляться человеку удобной пишущей машинкой с дополнительными возможностями, поверхность экрана должна воспроизводить обстановку письменного стола, экранное представление документа должно быть близко к его физическому облику. Работа человека за терминалом должна носить манипуляционный характер («смотреть и действовать, а не запоминать и набирать текст»).

## Технические средства электронной конторы

Технические средства электронной конторы организованы по магистрально-сетевому принципу. Наиболее рассредоточенным их компонентом являются рабочие станции, устанавливаемые на рабочем месте каждого сотрудника. Наиболее перспективной рабочей станцией — персональная ЭВМ, объединяющая в себе информационно-вычислительные ресурсы и средства для ввода и воспроизведения информации. Немало рабочих мест сейчас оборудовано терминалами, подсоединяемыми к мини-ЭВМ, работающей в режиме разделения времени. Исторически спор, по-видимому, выиграют персональные ЭВМ, объединяемые в сеть, но сейчас есть немало организаций, которые предпочитают режим разделения времени (например, при постоянной работе с большими централизованными информационными фондами, при частом обращении к объемным вычислениям или при работе с очень большими программами). Следующий уровень иерархии образуют централизованные средства коллективного пользования, присоединенные к общей магистральной или находящиеся в центре звездного соединения рабочих мест. Средства централизуются либо по экономическим соображениям (например, лазерный принтер высокого качества или высокой продуктивности, станция высококачественной машинной графики, коммунальная дисковая память большого объема), либо, если они являются средоточием уникальной информации (центральные базы данных).

Технические средства конторы могут иметь выход на большую ЭВМ или (через модемы) на систему передачи данных. В свою очередь контора может быть получателем рассредоточенной информации, поступающей с датчиков — показателей про-

изводственного процесса или экспериментальных установок.

Ниже дается характеристика отдельных технических средств, отобранных по принципу репрезентативности.

**Персональные ЭВМ (ПЭВМ).** Одной из наиболее массовых профессиональных ПЭВМ является персональный компьютер ИБМ ПК. Ниже описывается его усиленная версия Экс-Ти, выпущенная на рынок в 1983 г. Базовая конфигурация состоит из процессора, клавиатуры и дисплея. Процессор заключен в корпусе размером 50×40×15 см, массой 14,5 кг и представляет собой микро-ЭВМ на основе 16-разрядного микропроцессора Интел 8088 с оперативной памятью от 128 до 256 Кбайт, организованной на 64-килобитных чипах. Имеется также 40 Кбайт постоянной памяти, хранящей интерпретатор языка Бейсик и программы ввода-вывода. Корпус содержит 8 гнезд для вставки дополнительных плат, расширяющих функциональные возможности машины (объем памяти, подключение дополнительных устройств, стандартные коммуникационные интерфейсы, повышение разрешающей способности дисплея и т. п.). В корпус также вмонтированы два устройства внешней памяти: гибкий диск со сменными дискетами и жесткий стационарный винчестерский диск. На пятидюймовой дискете помещается 360 Кбайт информации (запись двусторонняя с двойной плотностью). Жесткий диск имеет четыре несущих поверхности общей емкостью 10 Мбайт. Клавиатура размером 50×20×5 см весит 2,7 кг и содержит 83 клавиши, из них 10 функциональных и 10 — для ввода числовых данных и управления курсором. Экран дисплея по диагонали равен 30 см; он обеспечивает растровое изображение, состоящее из 640 (по горизонтали) × 200 элементов четырехцветного или 720×350 элементов монохромного изображения. Стоимость базовой конфигурации около 6 тыс. долларов.

ИБМ ПК находится в центре гаммы рабочих станций в интервале стоимостей от 1 тыс. до 10 тыс. долл., которые сейчас устанавливаются в конторах миллионами экземпляров. В табл. 5 приведены цифры фактического и планируемого производства рабочих станций этого класса в США и Канаде на период 1980—1986 гг. [12].

Примером рабочей станции повышенного типа, вошедшей в себя находки десятилетней программы научных исследований, может служить рабочая станция Ксеркс 8010 Стар, выпущенная корпорацией Ксеркс в 1981 г. [4]. Станция является составной частью интегрированной контрольной системы Ксеркс 8000 Нетворк, объединяемой локальной сетью Этернет. Стандартные компоненты системы: процессор, жесткий диск емкостью 10 Мбайт, клавиатура и монохромный дисплей. Процессор 16-битовый, обладает высоким быстродействием (по некоторым свидетельствам в 6 раз быстрее процессора Интел 8086) с 22-разрядным адресным пространством и физической оперативной памятью 384 Кбайт. Большие размеры дисплея (по диагонали 45 см) и высокая разрешающая способность в 1024×809 элементов изображения позволяют приблизить экранное представление документа к его факсимильному образу. Особенно-стью станции Стар является устройство управления движением экранного курсора, получившее название «мышь». Оно имеет вид полуовальной коробочки, нижней поверхностью лежащей на столе и соединяемой проводом с ЭВМ. Оптическое устройство, вмонтированное в нижнюю поверхность, фиксирует перемещение «мыши» относительно подстилающей поверхности. При движении «мыши» по столу курсор воспроизводит ее перемещение. Масштабы перемещения немедленно устанавливаются визуальной обратной связью. Устройство хорошо сочетает размашистые движения и сравнительно точное позиционирование в пределах четверти квадратного сантиметра экрана. На поверхности «мыши» имеется две или три кнопки, которые логично рассматривать как динамические функциональные клавиши. Расшировка сигнала с кнопки является функцией общего состояния экрана и позиции курсора.

Большой размер экрана позволяет воспроизводить обстановку письменного стола и насытить экран графическими мнемознаками. В сочетании с «мышью» это придает работе за экраном манипуляционный характер, психологически совместимый с привычной моторикой работы за столом, — качество, высоко оцененное пользователями. Стоимость станции 8010 Стар — порядка 16 тыс. долл.

Таблица 5

Год	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Производство							
(тыс. комплектов)	402	622	1094	2333	3957	5441	7871

ции по-  
и в себя  
программы  
жет слу-  
Ксеркс  
корпорации  
Станция  
интегри-  
мы Ксе-  
диняемой  
стандарт-  
процесс-  
емкостью  
хромный  
ый, об-  
нем (по  
в 6 раз  
3086) с  
ростран-  
вативной  
е разме-  
45 см)  
собность  
ражения  
экранное  
к его  
особенно-  
устрой-  
экран-  
название  
дуваль-  
хностью  
иняемой  
устрой-  
ую по-  
мещение  
лающей  
«мышь»  
дит ее  
емеше-  
ются ви-  
устрой-  
тые дви-  
е позн-  
етверти  
на. На  
е две  
огично  
ические  
асифи-  
вляется  
экрана

озволя-  
упись-  
экран  
В соче-  
т рабо-  
ый ха-  
стимый  
ты за  
оценен-  
ность  
орядка

а 5

1986

7871

В качестве примера высокого темпа роста технического прогресса в создании персональных ЭВМ следует привести последнюю разработку компании Эппл — машину Макинтош, объявленную в январе 1984 г. [32]. Функциональные возможности этой машины приближаются к машине Стар, но она дешевле, чем ИБМ ПК. Основной корпус машины, объединяющей процессор, дисковую память и дисплей, ориентирован по вертикали и имеет размеры  $25 \times 25 \times 34$  см. Стандартная клавиатура и управление курсором (однонопочная «мышь») дополняют комплект машины общей массой 10,5 кг. Процессор — Моторола 68000 с тактовой частотой 7,83 МГц, память — 128 Кбайт оперативной (64-килобитные чипы) и 64 Кбайт постоянной (256-килобитные чипы). Монохромный дисплей с диагональю 23 см допускает  $512 \times 342$  элементов изображения. Машина имеет четыре звуковых канала. Внешняя память — один драйвер гибких дисков компании Сони диаметром 3,5 дюйма емкостью 400 Кбайт плюс разъем для подключения второго устройства. Стоимость основного комплекта с операционной системой от 2 до 2,5 тыс. долл. Принтер и второй диск поставляются отдельно (500 и 400 долл. соответственно). Система программирования (Паскаль, Бейсик, Лого, ассемблер 68000) и прикладные программы поставляются за отдельную плату (100—200 долл. за пакет). Конструкция машины имеет ряд особенностей: широкое использование программируемых логических матриц и отказ от резервных гнезд для подсоединения дополнительных устройств. Вместо этого введена концепция «виртуального слота», использующая два быстродействующих последовательных порта (1 Мбит/с при внешней синхронизации и до 230 Кбит/с при внутренней) и позволяющая программными средствами подсоединять достаточное разнообразие внешних устройств.

**Портативные ЭВМ.** В этом классе сложились два уровня конструкторских решений: миниатюризация настольных систем (чемоданный вариант) и обогащение карманных калькуляторов (портфельный вариант). Оба уровня имеют сравнимые характеристики информационно-вычислительных мощностей, являясь полноценными ЭВМ с программным управлением, но, в дополнение к габаритам, отличаются комплектацией и степенью модульности. Чемоданный вариант напоминает портативную пишущую машинку с гаммой дополнительных модулей оборудования. Портфельный вариант — однокорпусный, как можно более плоский и строго выдерживающий формат листа бумаги А4.

Интересным примером чемоданного варианта является ЭВМ «Гэви-

лан» (Gavilan), показанная на выставке СИКОБ-83, приуроченной к Конгрессу ИФИП-83 [19]. Основной корпус имеет вид прямоугольной коробки размерами примерно  $30 \times 30 \times 7$  см и массой 3,5 кг. Передняя половина верхней части откидывается, открывая стандартную клавиатуру и сенсорную панель. На откидной крышке — плоский дисплей на жидких кристаллах ( $64 \times 320$  элементов изображения или 8 строк по 64 знака). Сенсорная панель размером примерно  $12 \times 6$  см воспринимает прикосновение и движение пальца по ней, вызывая соответствующее движение курсора. В корпус встроены гибкий трехдюймовый диск емкостью 370 Кбайт. Процессор — Интел 8080 с оперативной памятью от 80 до 336 Кбайт. Цена основного корпуса — 3 тыс. долл. В отдельном корпусе поставляется полноформатный матричный принтер весом 2,7 кг. Машина имеет, как и большинство персональных ЭВМ, стандартный интерфейс Эр-Эс 232 и модем для телефонной связи. Питание — никель-кадмиевые аккумуляторные батареи.

В качестве примера портфельного варианта описывается компактная модель 100 ПЭВМ Ти-Ар-Эс-80 американской компании Рейнд-Шэк, объявленная в мае 1983 г. [21]. Машина имеет плоский корпус размерами  $28 \times 21 \times 5$  см и массой 1760 г. В передней его части находится стандартная полноразмерная клавиатура и 16 дополнительных кнопок (служебные, функциональные клавиши и управление курсором). Микропроцессор — модификация 8-битового Интел 8085 (32 Кбайт постоянной памяти и от 8 до 32 Кбайт оперативной памяти). Процессор содержит интерфейсы с кассетным магнитофоном и матричным принтером, стандартный последовательный интерфейс Эр-Эс 232, часы, календарь и пьезоэлектрический звуковой генератор. Дисплей — на жидких кристаллах с  $64 \times 240$  элементами изображения, позволяющими разместить 8 строк текста по 40 знаков в каждой. Питание — батарейное или от адаптера переменного тока.

**Коммуникация.** В автоматизации работы служащих следует различать внутриконтурную и межкуконтурную коммуникации. Последняя тесно связана с общим развитием связи в обществе. Ведомственные системы цифровой и специальной связи, как обычно, опережают технический прогресс коммунальной связи, однако с постепенным переходом последней на цифровое управление и цифровое кодирование аудио- и видеосигналов к концу столетия сольются в общую глобальную систему. Согласно прогнозам почтового ведомства США [30] в 1990 г. из 132 млрд. корреспонденций 109 млрд. составят обычные письма и 23 млрд. — отправле-

ния электронной почты. К 2000 г. впервые объем обычной почты снизится: из 161 млрд. корреспонденций обычная почта составит 75 млрд. и электронная — 86 млрд. К этому времени произойдет объединение телефонной и вычислительной аппаратуры в интегрированную рабочую станцию. В качестве связного устройства она будет выполнять улучшенные функции телефона, передавать текстовые и голосовые сообщения, связываться с оператором и играть роль внутриконтурского интеркома. Прототипом такого рода системы может служить система СИМ компании Сайдис [24].

Р. Меткалф в своем приглашенном докладе Конгрессу ИФИП-83 [23] подчеркнул, что локальные сети, соединяющие рабочие станции и терминалы, являются центром бурных дискуссий и быстрого развития систем связи. Помимо актуальной потребности особенностью локальных сетей является необходимость совместного рассмотрения видов связи. Количественные размерности локальных сетей характеризуются «тремя сотнями»: сотни машин в пределах сотен метров должны обмениваться сотнями килобитов информации в секунду. При этом решаются три главные задачи: разделение централизованных ресурсов, доступ к информации и межперсональная связь.

В целом, развитие и стандартизация локальных сетей проходит в рамках семи уровней протоколов, установленных Международной организацией стандартов [14]: физического уровня; уровня связи; уровня сети; уровня передачи; уровня сеанса; уровня представления; уровня применения. Формальная стандартизация пока затрагивает лишь первые два уровня.

Все варианты топологии сетей делятся на три главные группы — звездную (как в системах разделения времени или телефонных станциях), кольцевую и магистральную — наиболее часто применяемую благодаря способности к наращиванию и меньшей зависимости точек подключения друг от друга. Магистральный принцип применяется в том случае, когда передача данных является сравнительно редким событием. Данные комплектуются в точке отправления в пакет, снабженный адресом получателя. Перед передачей отправитель «прислушивается», занята ли магистраль. Если она свободна, пакет «выстреливается» в магистраль, и мгновенно находит адресата. В процессе передачи магистраль занята по отношению ко всем остальным станциям. При одновременной попытке занять магистраль двумя пакетами срабатывает схема, аннулирующая попытки с последующим их возобновлением.

Из трех наиболее вероятных кан-

дидатов на стандартизации среди магистральных сетей отметим две — Корвус Омнинет и Ксерокс Этернет.

Сеть Омнинет предназначена для вычислительных классов и небольших контор. Магистралью является двойной 350-метровый кабель со средствами наращивания до полутора километров. Скорость передачи данных 1 Мбит/с. Стоимость устройства подключения к сети от 500 до 750 долл.; можно подключить до 64 устройств. Имеется мультиплексный вход в сеть, позволяющий коллективное использование устройств.

Сеть Этернет разработана компанией Ксерокс для крупных контор и развивается в сотрудничестве с несколькими ведущими компаниями, в частности Интел и ДЕК. Магистраль использует коаксиальный кабель длиной до 2500 м со скоростью передачи 10 Мбит/с. К сети возможно до 1024 подключений. Точкой подключения является врезка в кабель в виде трансивера с разъемом. В разъем включается спуск — кусок кабеля, связанный с платой подключения к сети, которая вставляется в резервный разъем ЭВМ. Каждая станция получает свой 48-разрядный адрес. Сеть Этернет сейчас является объектом национальной стандартизации в США. Скорость передачи допускает использование крупных ЭВМ (в частности Вакс) и больших дисков. Стоимость подключения к сети Этернет довольно высока и составляет порядка 1000 долл. Всего в США разработано не менее 15 локальных сетей. Некоторую неопределенность создает ожидание еще не объявленных в локальные сети их персональных ЭВМ, хотя уже выпускается сопряжение ИБМ ПК с сетью Этернет [6].

**Воспроизведение документов.** Устройства печати претерпевают эволюцию в двух направлениях: укрупнение печатающих устройств коллективного пользования, обеспечивающих высокое качество и продуктивность печати, и компактификация устройств с размещением на рабочих местах с поддержанием качества печати на уровне машинописи.

В первом направлении стандартным устройством становится лазерный принтер. Основываясь на растровом представлении буквеннографической информации, лазерный луч, модулированный этим растром, с большой скоростью и высокой разрешающей способностью (от 100 до 250 линий на см) заряжает ксеро барабан, с которого методом ксерографии печатается текст и изображение. Эти устройства довольно дороги (300 тыс. долл. для первого такого устройства Ксерокс 9700), но обеспечивают высокое полиграфическое качество и приемлемую производительность (от 20 до 50 страниц

в минуту). Есть варианты лазерных принтеров, в которых вместо ксеро барабана засвечивается фотопленка для последующего воспроизведения на офсетной печати (система Лазер-комп с разрешением до 800 линий на сантиметр). Английский лазерный принтер Ломбард ЛЗО размером с настольный ксерокопир печатает 30 страниц в минуту с разрешением 240 линий на сантиметр [8].

Во втором направлении доминируют матричные принтеры, в которых для запечатывания пространства бумаги используется игольчатая печать. На вертикальный размер буквы отводится 7—9—15 иголок, иногда со сдвигом на полшага. Пятна игольчатая печать, что соответствует разрешению порядка 50 линий на сантиметр, позволяет печатать с качеством хорошей машинописи произвольные тексты, включая иероглифы. Ряд компаний выпускают трехцветные принтеры, позволяющие воспроизводить цветные изображения, сконструированные на экране дисплея.

## Программное обеспечение

Автоматизация работы служащих, персонализация информационно-вычислительных средств, поступающих в постоянное распоряжение работающего, радикально меняют характер использования ЭВМ. Вместо средства решения отдельных задач с четким разделением этапов (формулировка задачи, программирование и отладка, подготовка данных, решение, использование результатов), машина становится средством поддержки постоянной и непрерываемой основной деятельности работающего. Эта перемена также сильно влияет на номенклатуру, организацию и потребительские свойства программного обеспечения.

Сделанное выше замечание, что автоматизация работы служащих на основе персонализированных вычислительных средств развивается по пути имитации привычной для пользователя рабочей обстановки, требует некоторого уточнения. Вся манипуляционная техника работы с документом сильно меняется. Скорее всего, сохраняется способность думать о новой работе в старых понятиях, которые тем самым приобретают метафорический характер [10]. Из таких метафор наиболее ходовой является «метафора письменного стола» (desktop metaphor), при которой поверхность экрана имитирует поверхность стола с набросанными на нем бумагами. Физическая поверхность экрана при этом разбивается на частично перекрывающиеся прямоугольные «окна». В каждом окне целиком или частично воспроизводится документ с сохранением, если

нужно, его текстовой структуры. Управление курсором или клавиатурой позволяет чисто манипуляционно двигать документы на экране, прокручивать через окна, редактировать их, вытаскивать нужные документы на первый план, не теряя из виду другие. Доступные размеры экрана и его разрешающая способность позволяют с удобством иметь на экране до десяти документов на виду и большее количество на «втором плане». Фрагмент документа в каждом окне редактируется сложившимся арсеналом средств экранного редактирования.

Графические свойства дисплея используются не только для создания окон, расщепления документов и наглядной визуализации результатов вычислений или объекта работы. Новым существенным моментом является использование мнемонической графики, в частности, при идентификации ассортимента допустимых операций в меню. Например, команда сборки мусора представляется изображением корзинки для бумаг. Вообще, «физикализация» абстрактных объектов, с которыми работает программа ЭВМ, мобилизует интуицию пользователя и при удачно выбранных метафорах, позволяет ему более уверенно работать и реже ошибаться.

Другой метафорой, получившей широкое распространение и даже приведшей к особому стилю работы на ЭВМ, является метафора «крупноформатного бланка» (spreadsheet). Ее классическим представителем является программа «Визикалк» [3] — рекордсмен среди прикладных программ для ЭВМ по количеству проданных экземпляров. Авторы «Визикалка» сделали правильное наблюдение: очень большое число расчетов, выполняемых служащими, выглядит как манипулирование данными, собираемыми в двумерную форматированную таблицу, может быть больших размеров, но окидываемую одним взглядом (крупноформатный бланк). Есть много интерпретаций техники манипулирования крупноформатными бланками. Для системного программиста можно сказать, что его основу составляет двумерный файл с индексным входом; при этом в состав атрибутов позиции файла входят как данные, так и связанные с ними расчетные формулы, легко обобщаемые на групповые операции над вырезками из файла. Пользователь постоянно обозревает через экранное «окно» часть бланка (или его целиком) и манипулирует с ним с помощью системных или индивидуально определяемых операций, указанных в меню, и имеет возможность графического воспроизведения информации.

Первоначальные средства автоматизации работы служащих позволяли пользователю загружать рабочую станцию только одной прикладной

програ  
ся, чт  
скольк  
дейтел  
разия  
такого  
ность  
Интегр  
програ  
возмо  
болич  
по ско  
ное пр  
интерпр  
«систе  
позвол  
живат  
графич  
кой т  
форма  
таких  
бует  
для п  
ностей  
связей  
данны  
«дина  
ного  
в дан  
пользо  
разны  
Интегр  
рован  
ракт  
онной  
грамм  
функц  
вам с  
весь  
ем ее  
ной н

## Конт

Ав  
только  
ной э  
на се  
лом,  
темы.  
альн  
интегр  
торск  
дивид  
шест  
заци  
ход  
круп  
одна  
ных  
обору  
печен  
средн  
прод  
ванн  
прив  
неко  
стоя  
Д. М  
В  
лан  
лей,  
конт  
суще

программой. В то же время случается, что служащий ведет сразу несколько дел или ведет комплексную деятельность, требующую разнообразия программных средств. Условно такого рода комплексная деятельность получила название «проекта». Интеграция нескольких прикладных программ в одном проекте стала возможной с ростом параметров рабочих станций как по памяти, так и по скорости. В результате прикладное программное обеспечение стало интегрироваться в так называемые «системы управления информацией», позволяющие одновременно поддерживать управление базой данных, графическими средствами, обработкой текста и работу на крупноформатных бланках [7]. Построение таких интегрированных систем требует искусного программирования для преодоления двух главных трудностей: обеспечение информационных связей между программой, базой данных и экраном и поддержание «динамического меню» — минимального набора операций, находящихся в данный момент в поле зрения пользователя, но принадлежащих разным прикладным программам. Интеграция функций на автоматизированном рабочем месте меняет характер интерфейса между операционной системой и прикладными программами: реализация прикладных функций приближается к примитивам операционной системы, становясь скорее развитием и обогащением ее функций, нежели изолированной надстройкой над ней [9].

## Конторские системы

Автоматизация работы служащих только тогда достигает максимальной эффективности, когда замыкает на себя деятельность конторы в целом, т. е. приобретает характер системы. На стадии конторы индустриального типа, да и в последующем, интеграция рабочих станций в конторскую систему является делом индивидуального проектирования, осуществляемого силами самой организации. Естественно, что такой подход доступен только для очень крупных контор. За последние годы, однако, производители вычислительных средств предлагают комплекты оборудования и программного обеспечения, уже составляющие систему среднего размера, претендующую на продвижение в сторону интегрированной электронной конторы. Ниже приводится краткая характеристика некоторых конторских систем по состоянию на начало 1983 г., следуя Д. Макфарлану [20].

В своем исследовании Макфарлан определил свыше 300 показателей, характеризующих электронную контору. Он обращает внимание на существование трех подходов к так-

сономии признаков электронной конторы — компонентного, технологического и функционального.

Компонентный подход определяет контору как сумму трех компонент: оборудования, программного обеспечения и самой конторы (люди, документы и помещение). Разрез по этим сечениям достаточно распространен и в то же время наименее поучителен.

Технологический подход трактует электронную контору как сумму трех технологий: собственно конторская технология, компьютерная технология и технология связи. Этот подход наиболее популярен и позволяет определить структуру технических средств электронной конторы, но недостаточен для выработки содержательных требований к ней.

Наиболее цельным представляется функциональный подход к характеристике электронной конторы, выделяющий ее главные шесть компоненты: связь; сбор, хранение и доступ к информации; средства анализа информации; подготовка текста; поддержка индивидуальной деятельности; средства программирования и решения специальных задач. Именно наличие всех шести функций в сочетании, доступных как конторе в целом, так и на каждом рабочем месте, придает электронной конторе интегральный характер. Для полной характеристики электронной конторы необходимы также некоторые технологические признаки: способ взаимодействия с пользователем, сетевые свойства, свойства операционной системы, возможности графики и т. п.

Ниже даются характеристики трех интегральных конторских систем, почерпнутые из обзора Макфарлана.

**Система Элайенс 250** компании Ванг Лабораториз выпускается с мая 1982 г. (за год установлено 150 систем); система распределенная, объединяемая широкополосной связью Вангнет. Допускается голосовая связь между рабочими станциями, а также голосовой комментарий к документам. Имеется электронная почта с передачей документов и ограниченных сообщений. База данных основана на текстовых файлах с контекстным поиском. Средства анализа информации не специфичны и допускают любые пакеты, работающие в контексте операционной системы Си-Пи-Эм. Система имеет полные средства обработки текстов, включая экранное редактирование и выход на лазерный принтер. Индивидуальные средства включают календарь и планировщик. Средства программирования традиционные (Фортран, Паскаль, Кобол и макроассемблер). Взаимодействие с пользователем — клавиатура, меню, вызов помощи. Система содержит широкую гамму рабочих

станций: терминалы к мини-ЭВМ Элайенс и другим ванговским моделям, рабочие станции ОИС и Ви-Эс. В 1983 г. выпущена ПЭВМ Ванг Пи-Си, совместимая с ранее разработанным оборудованием и допускающая также автономное использование.

**Система Огмент** компании Тимшеар представляет интерес как пережиток систем разделения времени и как пример интеграции «незримых коллективов», выросший из известной системы Арпанет. Система передачи текстов допускает совместную работу над общим полем экрана, дублируемым на сотрудничающих рабочих станциях, доступ к документам общего пользования, обмен сообщениями, в том числе в режиме телеконференции. Допускаются документальные базы данных и личные файлы. Аналитические средства позволяют построить графики и вести простую работу над крупноформатными бланками. Обработка текстов включает в себя операции над текстовыми файлами и экранное редактирование с окнами и «мышью». Персональные средства: календарь и поддержка индивидуальных списочных структур данных. Программные средства не специфичны и могут быть любыми, совместимыми с операционными системами Тенекс и Топс-20. Интерфейс с пользователем: сокращенный вызов команд, «мышь», клавиатура, вызов помощи. Терминалы связываются с центральными машинами (Дек-10 и Дек-20) через сеть Тимнет, дальняя связь — через Арпанет. В целом система Огмент носит характер глобальной сети и имеет несколько тысяч пользователей.

**Система 8000 Нетворк** компании Ксерокс выпускается с осени 1981 г.; за полтора года установлено свыше 300 систем. Система допускает все разнообразие передачи текстов и сообщений, а также графических образов с помощью локальной сети Этернет. База данных может хранить документы с индексным входом, формы ч. обычные записи (структурные файлы) и содержит встроенные программы сортировки и поиска информации. Средства анализа включают разнообразие способов визуализации и вычисления над крупноформатными бланками. Работа над текстами выполняется средствами экранного редактирования с использованием «мыши» и воспроизведением на экране типографского облика текста, выводимого на лазерный принтер. Персональные средства — календарь. Средства программирования содержат объектно-ориентированные языки типа Смолток и машинно-ориентированный ассемблер. Система имеет развитый интерфейс с пользователем, включая систему графической мнемоники для

команд из меню, а также вызов помощи. Стандартное оборудование, включаемое в сеть Этернет: «профессиональная» рабочая станция Стар, буквенно-цифровая рабочая станция 860 с матричным принтером, лазерный принтер, дисковая файловая система, сопряжение со стандартными протоколами передачи данных в сеть или большой ЭВМ.

Заключая раздел, посвященный конторским системам, следует заметить, что концепция интегрированной электронной конторы еще только начинает складываться и реально ограничивается интеграцией технических средств, стандартная комплектация которых выглядит (для средней конторы из 50 человек) следующим образом: локальная сеть, возможно допускающая внутреннюю цифровую систему голосовой связи и сопряжение с внешней телефонной сетью и системой передачи данных, центральная ЭВМ (типа мега-мини) для объемных расчетов и поддержки общей базы данных, другое централизованное оборудование (лазерный принтер, устройство хранения микрофиш, массовая память, фотонаборная машина, графическая система и т. п.), совокупность рабочих станций на основе персональных ЭВМ. Система поддерживает связь с домашними рабочими станциями сотрудников, с портативными персональными ЭВМ через систему передачи данных с сотрудничающими конторами.

## Очерк научной работы и исследований

Автоматизация работы служащих имеет свои корни в переменах, затрагивающих общество в целом, в развитии вычислительной техники и техники связи. Поэтому конкретная работа в этом направлении требует ориентации в технологическом и социальном аспектах, взятом, к тому же, в определенной исторической перспективе. К таким ориентирующим работам относятся исследования Колумбийского университета, проследившие социальные последствия научно-технического прогресса [14], известный футурологический анализ Элвина Тоффлера [2], глубокое исследование влияния компьютера на школьное образование, выполненное С. Пейпертом [25]. Из отечественных работ безусловно должна быть упомянута книга В. М. Глушкова [1], показавшего научную подготовленность широкой автоматизации работы служащих.

Из фундаментальных и прикладных исследований, прокладывающих путь к электронной конторе, следует, в первую очередь назвать работы Исследовательского центра компании Ксерокс в Пало Альто [31]. В этом центре было выполнено кон-

струирование нескольких экспериментальных и производственных рабочих станций, в том числе Альто, Дорадо и Стар. Многие из находок, употребленных в этих разработках, стали достоянием производственных систем. Заметное влияние на средства программирования оказала разработка объектно-ориентированного языка Смолток [16].

В целом, однако, научные разработки в сфере автоматизации работы служащих носят еще фрагментарный и наблюдательный характер, отставая от высокого темпа развития технических средств автоматизации. Некоторое представление о тематике и характере научных разработок и исследований дают состоявшиеся в 1983 г. крупные научные собрания: Конгресс Международной федерации по обработке информации [22] (пример академических и вузовских исследований) и Национальная вычислительная конференция США [33] (пример отраслевых исследований).

Секция по автоматизации работы служащих появилась на конгрессе ИФИП впервые в 1983 г. Из трех приглашенных докладов, один (Р. Мелткаф) представлял собою популярное введение в тематику локальных сетей для персональных ЭВМ и рабочих станций [23], другой (К. А. Кларенс из исследовательского центра компании Ксерокс) [22], с. 11—22] содержал очерк основных типов абстрактных моделей конторы и их параметров, третий (К. Амо и К. Мори из компании Тошиба) — описание экспериментальных разработок, направленных на улучшение и «интеллектуализацию» интерфейса рабочих станций с пользователем: автоматическая пишущая машина с нероглифическим воспроизведением буквенно-алфавитного письма (кана — канжи), устройство для восприятия послогово диктуемого текста (96% распознаваемости при скорости 100—200 слогов/мин), устройство для чтения рукописного и машинописного нероглифического текста (4 тыс. нероглифов, со скоростью 50 знаков/с для рукописи, 100 знаков/с для машинописи, 95% распознаваемости).

В докладе Р. Д. Селингера и др. из центра ИБМ в Сан Хозе [22, с. 65—70] описана экспериментальная серия рабочих станций 925, особенностью которых является многопроцессорная архитектура и модульное строение, допускающее сочетание функций и носителей информации. В докладе М. Маскава и др. из Токийского университета [22, с. 71—77] был представлен макет рабочей станции, подсоединенной к широкополосной сети связи и осуществляющей обработку и перенос информации с разнообразных носителей (чтение: клавиатура, телефонный канал, телевизионный кабель, позиционер, магнитный и видеодиски; воспроизве-

дение: дисплей, громкоговоритель, видеодиск, магнитный диск, линия связи).

В докладе П. Экономулоса и др. из Торонтского университета [22, с. 89—94] приведена система хранения видеоданных, допускающих их структурное описание на языке манипулирования высокого уровня. В докладе М. Сакаучи и Ю. Охсавы из Токийского университета [22, с. 95—100] показано на примере системы обработки географических данных, как техника, сложившаяся в системах автоматизации проектирования, находит свое применение в более общих и недорогих конторских системах.

Доклад Г. Барбера и др. [22, с. 561—566] был также посвящен поискам адекватных моделей, которые могли бы под одним углом охарактеризовать схему принятия решений в конторской работе и структуру документов, подготавливаемых ради этих решений.

В докладе И. Коварской и К. Мишо из Гренобльского университета [22, с. 567—572] описана экспериментальная система обработки документов с использованием базы данных, ориентированной на хранение документов.

На национальной вычислительной конференции 1983 г. вопросы автоматизации работы служащих занимали две секции из десяти — секцию социальных и человеческих факторов и секцию собственно автоматизации конторы.

В исследовании Т. К. Биксон и Б. А. Гутек из института «Рэнд корпорейшен» [5] было проведено анкетирование нескольких сот служащих из разных контор, главным образом, для определения степени проникновения вычислительных средств в их работу и оценки позитивных и негативных факторов этого проникновения. Данное исследование подтвердило информационный характер работы служащих, разнообразие функций, выполняемых отдельным служащим, общее ощущение ожидания массового применения вычислительной техники, функциональность как главный критерий оценки систем автоматизации конторской работы.

В докладе Р. О'Хары из исследовательского центра ИБМ [33, с. 329—339] описывается положительный опыт придания «новой жизни» традиционным системам разделения времени на основе замены алфавитно-цифровых терминалов на мощные персональные ЭВМ, используемые в качестве гибкого графического терминала. Обращается внимание на достоинства большого экрана, по сравнению с которым традиционные дисплеи на 24 строки по 80 знаков воспринимаются как «замочные скважины, через которые пытаются увидеть мир».

говоритель,  
ск, линия

омопулоса  
иверситета  
а система  
пускающих  
на языке  
о уровня.  
Ю. Охсава  
тета [22,  
имере сис-  
еских дан-  
ившаяся в  
проектиро-  
енение в  
конторских

др. [22,  
посвящен  
ей, кото-  
тлом оха-  
тия реше-  
ия структу-  
вливаемых

и К. Ми-  
верситета  
сперимен-  
докумен-  
тия данных,  
ние доку-  
елительной  
осы авто-  
их зани-  
ги — сек-  
ских фак-  
о автома-

Биксон и  
а «Рэнд  
проведено  
сот слу-  
главным  
степени  
лительных  
енки по-  
торов это-  
исследо-  
ационный  
т, разно-  
емых от-  
рушение  
ения вы-  
ициональ-  
й оценки  
конторской

исследо-  
с. 329—  
лительный  
вни» тра-  
ения вре-  
афавитно-  
мощные  
уемые в  
ого тер-  
не на до-  
по срав-  
ные дис-  
0 знаков  
ые сква-  
ются уви-

В докладе общего характера Р. Терна и Э. Новотного [33, с. 341—349] подвергается подробному анализу степень устойчивости общества в условиях сплошной информатизации к возможным попыткам злонamerенного или стихийного доступа к вычислительным средствам и информации, в них заключающейся. Делается позитивный вывод о сохранении устойчивости общества.

В докладе Н. Финн из Бостонского университета [33, с. 353—359] содержатся общие положения, касающиеся учета психологических и эргономических факторов при продвижении вычислительных средств в контору.

В уже упоминавшемся докладе В. Ульриха [30] дан общий прогноз развития электронной почты; в докладе Б. Доноху из компании Американ Белл [33, с. 367—371] дается обзор понятий и проблем автоматизации конторской работы с использованием нескольких носителей информации, прежде всего объединения данных и голоса в телефонных сетях; П. Ф. Финниган из компании Войсмейл Интернешнл [33, с. 373—377] описывает опыт организации голосовой связи по телефону, допускающей запоминание и обработку; в докладе Х. П. Берстина из компании «Янки груп» [33, с. 379—383] описываются перспективы развития электронной почты от локальной сети к глобальной, перечисляются возникающие здесь проблемы, в частности, задачи стандартизации. В течение 6 лет, с 1981 г. по 1986 г., ожидается увеличение числа служебных абонентов с 49 тыс. до 882 тыс. рабочих мест и частных абонентов с 80 тыс. до 690 тыс. человек.

В заключение раздела следует отметить, что автоматизация работы служащих, разработка и программирование персональных ЭВМ и автоматизированных рабочих мест значительно расширили базу и темпы формирования корпуса специалистов. В качестве примера [18] охарактеризуем состав группы из семи ведущих разработчиков уже упоминавшейся персональной ЭВМ «Макинтош», выпущенной в начале 1984 г. компанией Эппл. Б. Аткинсон переключился на вычислительные науки в середине 70-х годов, бросив аспирантуру по нейротехнике, и к началу проекта имел опыт разработки транслятора с Паскаля и пользовательского интерфейса для эпплловской ЭВМ «Лиза». А. Херцфельд пришел в компанию молодым специалистом из университета в Беркли, где он подрабатывал созданием прикладных и игровых программ. Имел опыт программирования драйвера для принтера и демонстрационных программ для Эппл-3. Л. Кенвон окончил университет по двум специальностям — психология и вычислительная наука и имел опыт разработки программ

распечатки и прикладных программ для Эппл-2 и -3. Ж. Хоффман — заочная аспирантка по археологии, прослушала курсы по антропологии, лингвистике и физике. Имела практику работы на ЭВМ. В коллективе вела исследование рынка для машины. Б. К. Смит не имеет дипломированного образования, познакомился с вычислительной техникой, начав посещать местный «клуб любителей ЭВМ» в 1975 г. Пришел в компанию на любую работу и вошел в группу разработчиков, отремонтировав тысячу плат для Эппл-2. К. Эспиноза с 13 лет был поглощен программированием и вскоре начал подрабатывать составлением программ. Еще будучи школьником, отладил Бейсик-процессор для Эппл-2. Учась в университете, писал программы на Бейсике и руководства по договору с компанией; после университета перешел в эту компанию прямо на разработку «Макинтоша». Б. Хори прошел в компании Ксерокс путь, аналогичный Эспинозе, начав в ней работу с 14 лет. На нем отрабатывались методы работы со Смолтоком. После разработки нескольких версий Смолтока для разных машин он вошел в коллектив разработчиков «Макинтоша».

## Заключение

Автоматизация работы служащих — явление глобальных масштабов и, как таковое, должно осуществляться в тесной связи с развитием общества, с ориентацией на достижение социальных целей и с объективно установленным балансом возможностей и потребностей. Электронная контора — необходимый этап на пути к полной информатизации общества, переводу народного хозяйства на путь интенсивного развития, невозможного без управления на основе точного, полного и своевременного знания. Автоматизация работы служащих, пусть даже частичная, является актуальной для нашего общества. Демографическая ситуация в среднесрочной перспективе требует сохранения или даже некоего увеличения темпов поступления человеческих ресурсов в производственную сферу. Поэтому сокращение числа людей, занятых управленческим трудом или обслуживающих его, является не только средством «борьбы с бюрократизмом и канцелярщиной», но и источником рабочих рук в производстве. Эта проблема только частично может быть решена изменением структуры управления. Более постоянным источником такого высвобождения должна и может стать автоматизация работы служащих.

В сфере технического обеспечения автоматизации главной задачей является обеспечение массового производства (до миллиона в год и выше)

микропроцессорных вычислительных средств и, особенно, их компонент: интегральные схемы, телевизионные мониторы, магнитная память, клавиатуры и принтеры. Необходимо также добиться их безремонтного обслуживания, т. е. любая поломка должна нейтрализоваться немедленной заменой подходящего типового элемента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики. М., Наука, 1982.
2. Тоффлер Э. Третья волна. Реферат. «США — Экономика, политика, идеология», 1982, № 7 — 11.
3. Хэйес В. Занимательный компьютер. — В мире науки, № 12, 1983, с. 103—109.
4. Attardi G. Office information systems design and implementation. Pisa: ETS, 1981, 44+ii p.
5. Bikson T. K., Gutek B. A. Advanced office systems: an empiric look at use and satisfaction. AFIPS Conference proceedings. v. 52, 1983, National Computer Conference. Arlington: AFIPS Press, 1983, p. 319—323.
6. Birenbaum L. The IBM PC meets Ethernet. — Byte, 8, No 11, 1983, p. 272—280.
7. Brown M. J. The complete information management system. Byte, 8, No 12, 1983, p. 199—210.
8. Carey D. Laser print technology aims at all-purpose role. — Computing, November, 14, 1983, p. 14—15.
9. Chang D. An introduction to integrated software. — Byte, 8, No 12, 1983, p. 103—112.
10. Clanton C. The future of metaphor in man-computer systems. — Byte, 8, No 12, 1983, p. 263—281.
11. Ernst M. L. The mechanization of commerce. — Scientific American, 6. September, 1982, p. 111—122.
12. Gens F., Christiansen C. Could 1 000 000 IBM PC users be wrong? — Byte, 8, No 11, 1983, p. 135—141.
13. Ginzberg E. The mechanization of work. — Scientific American, September, 1982, p. 38—47.
14. Ginzberg E. (Ed.). Technology and social change. New York: Columbia University Press, 1979.
15. Giuliano V. E. The mechanisation of office work. — Scientific American, September, 1982, p. 124—135.
16. Goldberg A., Robson D. Small-talk-80: the language and the implementation. Reading: Addison-Wesley, 1983.
17. Goldfield R. J. Achieving greater white-collar productivity in the new office. — Byte, 8, No 5, May, 1983, p. 154—172.

Продолжение см. на стр. 27

УДК 681.323—181.48.001.18

М. П. Гальперин

## ОДНОПЛАТНЫЕ МИКРОЭВМ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

На основе анализа структуры одноплатных микроЭВМ сформулированы основные принципы построения одноплатных микроконтроллеров — преимущественное использование закрытых одноплатных конструкций, имеющих в своем составе цифровые параллельные и последовательные каналы, аналоговый, телевизионный, связной интерфейсы и средство их комплексирования — системный последовательный канал.

Техника микропроцессоров и микроЭВМ развивалась и продолжает развиваться по двум основным направлениям — создание средств для решения задач *вычисления и обработки* массивов информации и разработка *встраиваемых* микроЭВМ для замены жесткой логики на программируемую при *управлении* работой оборудования и приборов. МикроЭВМ первого направления представляют собой, как правило, законченные многоплатные конструкции с источником питания и средствами связи с программистом; микроЭВМ второго направления — одноплатные и однокристалльные. Среди зарубежных моделей наиболее характерными представителями первого направления являются микроЭВМ фирмы DEC, второго — одноплатные и однокристалльные микроЭВМ фирмы Intel. Среди отечественных — соответственно массовая многоплатная микроЭВМ «Электроника 60» и одноплатные и однокристалльные микроЭВМ семейства «Электроника С5».

Различное назначение микроЭВМ, принадлежащих к указанным направлениям, определяет неодинаковые подходы к их проектированию на всех уровнях — микроЭВМ в целом, отдельные функциональные модули, отдельные БИС — и влияет на выбор ВУ. Особенно существенную роль играют эти различия при переходе к новому поколению технологии изготовления БИС.

В микропроцессорах, предназначенных в первую очередь для *многоплатных микроЭВМ*, возросший уровень интеграции обычно используется для достижения максимально возможного эффективного быстродействия благодаря аппаратной реализации расширенной системы команд, применения известных методов ускорения арифметических операций и локального параллелизма, схемной реализации аппарата работы с большими массивами памяти и средств автоматизации программирования. В микропроцессорах для *одноплатных микроЭВМ* важно реализовать в одном кристалле максимально возможный набор устройств различного назначения: ОЗУ, ПЗУ, средства децентрализации вычислений. Пределом стремлений разработчиков машин первого класса является микропроцессор «неограниченного» быстродействия, имеющий прямую адресацию к памяти «неограниченного» объема, воспринимающий программы, написанные на любом алгоритмическом языке. Мысли разработчиков машин второго класса направлены на создание в одном кристалле устройства, содержащего все известные виды памяти (дуть, понемногу), все виды каналов ввода-вывода — дискретные, аналоговые, сетевые, интерфейсы, — т. е. на построение системы в одном кристалле.

Существенны различия в подходах и при выборе структуры других БИС микропроцессорного комплекта. Например, оперативная память многоплатных микроЭВМ строится на динамических БИС ОЗУ максимальной емкости с одnorазрядной структурой слова. Для одноплатных микроЭВМ специально разрабатываются многоразрядные БИС ОЗУ, позволяющие в минимальной конфигурации иметь всего одну-две БИС. Примером могут служить БИС ОЗУ серии К536 с байтовой структурой, БИС ОЗУ 1809PV1 со структурой матрицы 1024×16 разрядов. Состав программного обеспечения одноплатных микроЭВМ, как правило, определяется ориентацией на непрофессионального потребителя. Основным является вариант применения в серийных изделиях микроЭВМ с сохранением целевых программ в ПЗУ, которое программируется в процессе изготовления БИС. Эти микроЭВМ не имеют средств ввода и хранения отлаживаемой программы, средств автоматизации программирования, поэтому их необходимо оснащать инструментальными системами, кросс-системами, интегрированными системами автоматизации программирования и проектирования БИС ПЗУ, разрабатывать и выпускать средства отладки.

Отличия в назначении, требованиях к структуре используемых БИС, конструктивном исполнении и главное структуре самих микроЭВМ позволяют утверждать, что *одноплатные микроЭВМ являются отдельным классом изделий микропроцессорной техники, которые можно определить как малые конфигурации микроЭВМ*. Есть еще одно важное отличие одноплатных микроЭВМ от многоплатных, относящееся к области их применения. Путь многоплатных микроЭВМ к потребителю подготовлен всей историей развития техники программирования, совместимостью с мини-ЭВМ, поэтому рост числа применений определяется только скоростью наращивания выпуска этих машин. Одноплатные микроЭВМ, встраиваемые в различную аппаратуру, особенно заказные модели, имеющие БИС ПЗУ с целевыми программами, прежде чем стать серийно потребляемым изделием, проходят вместе с аппаратурой этапы макетирования, проектирования, изготовления и испытания опытных образцов, освоения серийного производства аппаратуры, ее эксплуатации, ремонта и модернизации. Такой цикл формирования потребности в лучшем случае длится от трех до пяти лет. За это время успевают появиться новые, более экономичные и серийноспособные модели одноплатных ЭВМ. Однако первые модели еще продолжают выпускаться практически без изменений, так как они являются одновременно *специализированными ЭВМ* (за счет БИС ПЗУ) и *универсальными* изделиями электронной техники и потребляются сотнями заводов, выпускающих серийную аппаратуру.

Формирование технической политики в области разработки и организации производства одноплатных и однокристалльных микроЭВМ целесообразно вести на основе анализа результатов внедрения в различные серийные системы, агрегаты и приборы тех моделей мик-

роЭВМ, которые выпускаются в течение ряда лет. Рассмотрим особенности структуры этих моделей с точки зрения целесообразности их реализации и развития в новых разработках.

**Анализ структуры одноплатных микроЭВМ.** Первая модель одноплатной микроЭВМ «Электроника С5-11» (1976 год) имела структуру, типичную и для сегодняшних одноплатных моделей: оперативная и постоянная память ограниченного объема с байтовой структурой, внешний интерфейс пользователя на 64 канала параллельных цифровых входов и выходов, схемы многофункционального таймера с режимами работы в качестве таймера, делителя частоты, схемы ШИМ и т. д. Микро-

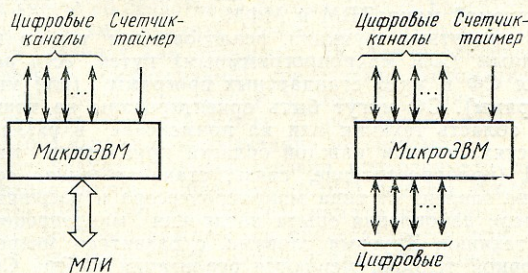


Рис. 1. Внешняя структура микроЭВМ закрытого (справа) и открытого (слева) типов

ЭВМ предназначалась для автономного применения без подключения дополнительных микропроцессорных функциональных модулей (МФМ) памяти и ввода-вывода (микроЭВМ закрытого типа, рис. 1, справа). По мере внедрения такой одноплатной микроЭВМ в качестве локального устройства управления и обработки информации от многих потребителей стали поступать предложения по увеличению объемов памяти, числа и разнообразия каналов ввода-вывода.

С учетом этих предложений была разработана микроЭВМ «Электроника С5-12» с набором МФМ (микроЭВМ открытого типа, рис. 1, слева). Из общего числа систем на основе этой микроЭВМ автономные применения составляют только 15%. Однако, если рассматривать стадию серийного производства и считать признаком окончания разработки реализацию программ в БИС ПЗУ, то эту стадию прошли 60% разработок на основе только микроЭВМ и лишь 15% — на основе микроЭВМ и набора модулей. Поэтому в конечном

итоге на автономные применения в настоящее время приходится 55% сбыта одноплатных микроЭВМ.

В результате работ по внедрению одноплатных микроЭВМ подтвердилось их *главное преимущество* перед многоплатными моделями — где характеристик достаточно, они позволяют резко снизить сроки внедрения, повысить технологичность и серийнопригодность приборов и систем. Определился их *отличительный признак* — это микроЭВМ для встраиваемых автономных серийных применений. Здесь под встраиванием следует понимать не замену многоплатных микроЭВМ на набор входящих в нее модулей, а создание малых вычислительных конфигураций.

Одноплатные микроЭВМ второго поколения «Электроника С5-21», «Электроника С5-21М» построены на базе однокристалльного микропроцессора, набора БИС серии К586 и предназначены соответственно для автономного и системного применений. МикроЭВМ «Электроника С5-21» имеет параллельный программируемый универсальный интерфейс (параллельные цифровые каналы ввода-вывода — 64 разряда), четыре 8-разрядных канала таймеров-счетчиков событий и генератор сетки частот [1]. Межмодульный интерфейс этой модели микроЭВМ предназначен в основном для подключения стенового оборудования в процессе отладки программ и настройки аппаратуры. Это значит, что ИС и другие элементы, преобразующие интерфейс микропроцессора в межмодульный, не работают в процессе эксплуатации, и их размещение на плате экономически неоправдано.

МикроЭВМ «Электроника С5-21М» имеет 32 цифровых канала и два счетчика-таймера. К достоинствам этой микроЭВМ относится развитая система магистральных интерфейсов — два параллельных и последовательный. Параллельные интерфейсы совместимы с интерфейсом микроЭВМ «Электроника 60». Один из них используется для подключения дополнительных модулей памяти и ввода-вывода, другой — для построения многомашинных конфигураций с обменом информацией через общую оперативную память. Многомагистральная структура дает возможность строить децентрализованные вычислительные конфигурации, превосходящие многоплатные микроЭВМ по быстродействию, объему адресуемой памяти и надежности (рис. 2а, б).

Системный последовательный канал (СПК) позволяет объединять до 256 микроЭВМ на расстоянии до 150 м, решающих самостоятельные задачи, и создает возможность обмена исходной информацией и результатами вычислений со скоростью передачи, равной 10.000 бит/с. СПК может быть единственным средством связи между машинами — на его основе разработаны и опробованы методы построения малых локальных сетей (МЛС), объединяющих микроЭВМ, встраиваемые в

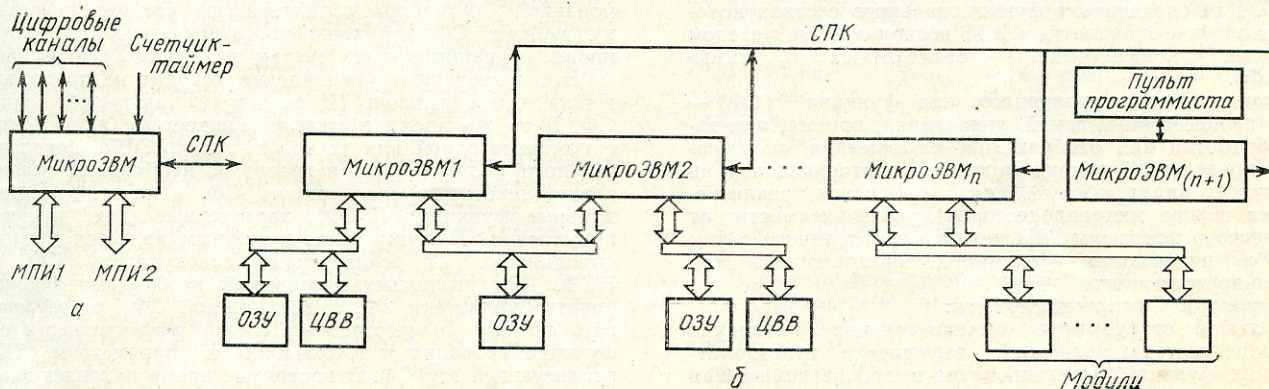


Рис. 2. МикроЭВМ с многомагистальной структурой (а) и возможности ее комплексирования (б)

различные виды оборудования [2]. Для создания МЛС необходимо обеспечить возможность встраивания аппаратных и программных средств не только в одноплатные, но и в однокристальные микроЭВМ. Это особенно актуально в связи с бурным развитием гибких автоматизированных производств.

Новое поколение одноплатных микропроцессорных устройств, предназначенных для встраивания в различную аппаратуру, создавалось с учетом следующих исходных предпосылок:

- совместимость по программному обеспечению и межплатному интерфейсу с микроЭВМ «Электроника 60» и «Электроника НЦ-80-01Д»;

- использование БИС серий К1801 и К1809 [3] в микроЭВМ «Электроника НЦ-80-01Д» и новых моделях «Электроника С5»;

- стремление реализовать на одной плате такие вычислительные конфигурации, для которых на любой другой модели микроЭВМ потребовалось бы несколько плат.

Одноплатная микроЭВМ «Электроника НЦ-80-01Д» имеет в своем составе развитые объемы ЗУ, средства связи с периферийными устройствами (дисплеем, НГМД, АЦПУ), что обеспечивает ее применение в качестве универсальной микроЭВМ, заменяющей 4—5 плат микроЭВМ «Электроника 60». Эта микроЭВМ рассчитана прежде всего на решение вычислительных задач. Для использования в системах управления к ней необходимо подключать модули ЦВВ, АЦП, ЦАП, таймеры и другие. Являясь *одноплатной* микроЭВМ для целей вычисления, «Электроника НЦ-80-01Д» остается *многоплатной* моделью при решении задач управления.

В новом поколении одноплатных устройств «Электроника С5» ресурсы платы использованы прежде всего на развитие цифровых каналов ввода-вывода, счетчиков-таймеров, устройств связи с источниками и приемниками информации, а также средств объединения микроЭВМ в малые локальные сети и построения децентрализованных систем.

В связи с появлением одноплатной микроЭВМ «Электроника НЦ-80-01Д», среди машин, ориентированных на решение вычислительных и информационных задач, признано целесообразным во избежание терминологической путаницы новые одноплатные модели «Электроника С5» в дальнейшем называть одноплатными *микроконтроллерами*, понимая под этим устройства, предназначенные для автономного встраивания в аппаратуру, *содержащие* на одной плате микропроцессор, ограниченные объемы ОЗУ и ПЗУ, средства связи с источниками и приемниками информации, средства объединения микроЭВМ в МЛС и *не имеющие* средств связи со стандартным периферийным оборудованием. При построении микроконтроллеров (МК) определяющим является стремление перекрыть максимальное число применений одноплатными МК без дополнительных МФМ. Для определения функционального состава нового поколения одноплатных МК воспользуемся методом «типовых конфигураций — стандартных функций» (ТКСФ).

**Стандартная микропроцессорная функция (СФ)** — часть процесса вычислений, управления, приема, передачи, обработки или отображения информации, обладающая определенной законченностью, повторяющаяся в нескольких видах оборудования или систем, реализуемая на основе микропроцессоров вне зависимости от конкретного поколения МП техники и связанного с ним способа реализации — схемного, программного или схемно-программного.

Примером СФ может служить:

- любая стандартная вычислительная процедура (решение системы уравнений, вычисление тригонометрических функций, интегрирование и др.), выполняемая в виде программ или микропрограмм, с использованием или без использования в микропроцессоре специальных средств ускорения реализации этой функции, или реа-

лизуемая в виде БИС, сопрягаемой с микропроцессором;

- процедура сопряжения прибора или системы с тем или иным стандартизированным каналом связи, реализуемая на основе отдельной БИС, программным путем с помощью универсального программируемого параллельного интерфейса или смешанным методом;

- процедура отображения информации заданного объема в заданном виде, не зависящая от вида индикатора, способа его сопряжения с микропроцессором и хранения отображаемой информации;

- процедура преобразования двоичного кода в линейное или угловое перемещение с заданными точностными, динамическими и нагрузочными характеристиками вне зависимости от выбранного метода преобразования (следающий привод или шаговый двигатель), типа используемой микроЭВМ и МФМ.

Стандартные функции, реализованные только программным (или микропрограммным) путем, есть *реализация* СФ в виде стандартных программ (или микропрограмм). СФ могут быть ориентированы на конкретную область техники или на применение в различных областях, но для каждой области применения микроЭВМ (приборостроение, связь, станкостроение) состав СФ не зависит от типа микропроцессора и расширяется по мере накопления опыта внедрения микропроцессорной техники. Другими словами, с развитием микропроцессорной техники меняются реализации набора СФ.

**Типовая конфигурация (ТК)** — это БИС микропроцессорного комплекта или одноплатные, однокристальные микроЭВМ, микропроцессорные функциональные модули, соединенные между собой определенным образом и реализующие конкретную СФ, т. е. ТК является реализацией СФ на данном поколении МСВТ.

Одноплатная или однокристальная микроЭВМ представляет собой ТК, реализующую ту или иную СФ в зависимости от программы, занесенной в ПЗУ. Микропроцессор без подключения дополнительных БИС или МФМ не является ТК, так как не может реализовать никакой СФ из-за отсутствия БИС памяти для хранения программ и информации.

Первые же работы по созданию приборов, агрегатов и систем на базе микропроцессоров позволили выделить некоторый набор СФ. Например, опыт проектирования ряда измерительных приборов, основанных на различных физических принципах, с использованием одноплатных и однокристальных микроЭВМ «Электроника С5», позволил выделить СФ экспресс-обработки результатов измерений, автоматизации и контроля работы прибора и отдельных его частей, организации диалога, преобразования интерфейсов [4].

СФ отличаются универсальностью применения в различных областях техники; возможностью получения качественного описания безотносительно к конкретной реализации на том или ином поколении МСВТ; целесообразностью установления для каждой вновь сформулированной СФ набора характеристик, которые позволяют выбрать СФ для конкретного применения, а также провести сравнительную оценку различных реализаций.

Все приведенные утверждения исходят из предположения, что отдельная ТК реализует какую-либо одну СФ. В то же время в каждом конкретном применении с помощью одной или нескольких микроЭВМ, дополнительного оборудования и программ необходимо реализовать некоторую совокупность СФ, а также нестандартные функции (НСФ), характерные для данного применения. Поэтому весьма важным является вопрос объединения ТК, реализующих совокупность СФ и НСФ. Для различных применений необходимо формировать библиотеки СФ, а для каждой СФ разрабатывать систему количественных оценок эффективности ее функционирования и требований к параметрам ТК, реализующей эту СФ. В настоящее время накоплен значительный опыт создания приборов и систем на базе микроЭВМ, позволяющий иметь такую библиотеку. Независимо от этого для нового поколения микроЭВМ

следует формировать библиотеку ТК, реализующих сложившуюся библиотеку СФ. Реализация библиотеки СФ может явиться основным критерием эффективности создания нового поколения. При этом процесс разработки конкретного прибора или системы на базе микроЭВМ может быть сведен к выделению набора СФ, формулированию НСФ данного применения, выбору соответствующего набора ТК и последующему схемному и программному объединению его в единую вычислительную конфигурацию.

Применение метода ТКСФ позволяет не только сократить сроки создания аппаратуры на базе микроЭВМ, но может стать основой для создания единой системы автоматизации проектирования систем на базе микроЭВМ вместе со средствами автоматизации программирования, языками анализа схемно-программных соглашений (в пределах как отдельных ТК, так и законченных конкретных конфигураций), средствами автоматизации обучения программированию и проектированию систем на микропроцессорной основе и средствами автоматизированного выпуска документации на систему.

Этот подход в равной степени пригоден для проектирования систем на базе микроЭВМ, набора МФМ или на базе БИС микропроцессора, памяти и ввода-вывода, однако особенно важным он представляется при переходе к созданию СБИС, когда в пределах одной схемы могут быть реализованы достаточно сложные СФ.

**Структура микроконтроллеров «Электроника С5-41».** Возросшая степень интеграции БИС позволяет на одной плате МК реализовать СФ, для которых ранее требовалась в составе ТК одноплата микроЭВМ с набором дополнительных модулей оперативной и постоянной памяти. Увеличение числа каналов ввода-вывода МК ограничивается размерами печатной платы и возможностями внешних разъемов. В связи с этим максимальное число каналов можно реализовать в моделях, не имеющих межмодульного интерфейса. Создание таких моделей возможно при использовании малопроводного магистрального интерфейса для межмашинного обмена, который полностью оправдал себя в микроЭВМ «Электроника С5-21М». Структура МК с традиционным составом устройств характеризуется переменным набором однокристалльных блоков оперативной и постоянной памяти, отсутствием межмодульного интерфейса, обязательной реализацией последовательной магистрали для подключения пульта программиста и организации межмашинного обмена (рис. 3,а). Для применений, которые не могут быть перекрыты возможностями МК с такой структурой, следует создавать МК с межмодульным интерфейсом и уменьшенным числом цифровых каналов (рис. 3,б). Такие модификации МК будем называть закрытой и открытой соответственно.

Для реализации на одной плате СФ автоматического управления и диалога необходимо на ней разместить ряд устройств, нетрадиционных для одноплатах микроЭВМ: ЦАП, АЦП и БИС управления видеоконтрольными устройствами (ВКУ). Создание однокристалльных блоков ЦАП, АЦП, контроллеров управления ВКУ обеспечивает возможность построения одноплатах МК с аналоговым и телевизионным интерфейсом.

МК с **аналоговым интерфейсом** может быть использован как автономное устройство контроля параметров и автоматического управления в технологическом оборудовании, а при наличии СПК — работать в составе децентрализованной, иерархической системы сбора, обработки информации и управления (рис. 3,в).

МК с **телевизионным интерфейсом** (рис. 3,г) может служить основой при построении дисплеев телевизионного типа, связанных с ЭВМ по одному из стандартных интерфейсов, а также использоваться в качестве встраиваемого блока в измерительных приборах или технологическом оборудовании с отображением результатов на малогабаритном ВКУ.

В состав МК могут быть введены также дополнительные БИС, обеспечивающие аппаратную или аппа-

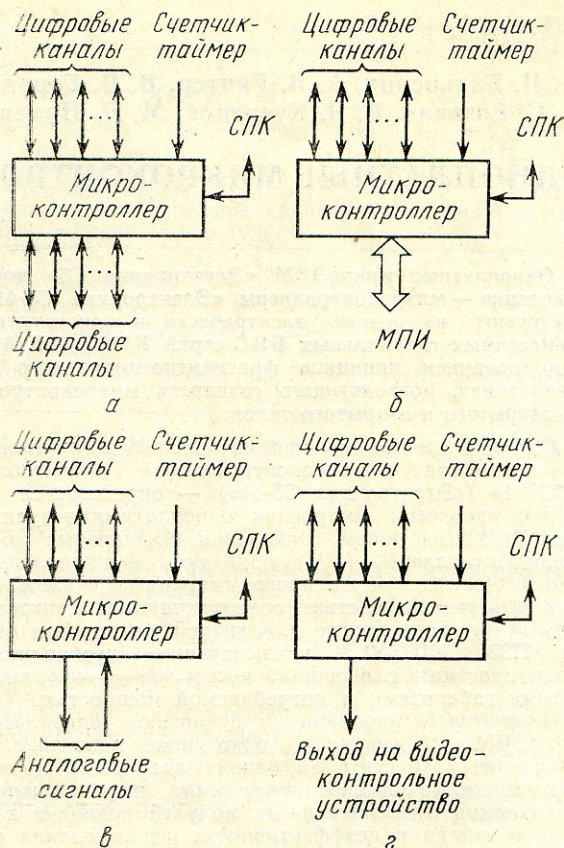


Рис. 3. Варианты микроконтроллеров нового поколения: а) закрытого типа; б) открытого типа; в) с аналоговым интерфейсом; г) с телевизионным интерфейсом

ратно-программную реализацию различных специализированных интерфейсов. Рассмотренные одноплатах ТК нецелесообразно совмещать на одной печатной плате, так как каждая из них является самостоятельным МК, чаще всего закрытого типа со связью через СПК. Отдельный МК «Электроника С5-41» заменяет 4—5 плат микроЭВМ «Электроника 60» — платы аналогового и параллельного интерфейсов, платы реализующие связанные протоколы и т. д. МК «Электроника С5-41» превосходят по основным характеристикам предыдущие модели микроЭВМ «Электроника С5» и в будущем полностью заменят их в новых разработках. МикроЭВМ «Электроника С5-12» и «Электроника С5-21» останутся только для комплектования образцов приборов и установок, разработка которых уже завершена или закончится в ближайшее время.

## ЛИТЕРАТУРА

1. МикроЭВМ «Электроника С5» и их применение/ Под ред. В. М. Пролейко. — М.: Сов. радио, 1980.
2. Электронная промышленность, 1983, вып. 9.
3. Одноплатах микроконтроллеры «Электроника С5-41»/М. П. Гальперин, А. В. Гинтер, В. В. Городецкий и др. — Наст. вып., с. 20—23.
4. Майоров С. А., Гальперин М. П. Вопросы применения микроЭВМ в приборостроении. — Изв. ВУЗов. Приборостроение, 1983, т. 26, № 9.

Статья поступила 6 апреля 1984 г.

М. П. Гальперин, А. В. Гинтер, В. В. Городецкий,  
И. С. Евзович, В. Я. Кузнецов, М. Л. Пухова

## ОДНОПЛАТНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ «ЭЛЕКТРОНИКА С5-41»

Одноплатные микроЭВМ «Электроника С5» нового поколения — микроконтроллеры «Электроника С5-41» — построены на основе электрически и конструктивно совместимых  $n$ -канальных БИС серий К1801 и К1809 с использованием принципа фрагментно-модульного проектирования, позволяющего создавать микроконтроллеры закрытого и открытого типов.

Создание новых моделей микроЭВМ «Электроника С5» — семейства микроконтроллеров «Электроника СМС121» («Электроника С5-41») — определяется развитием идеологии построения одноплатных встраиваемых МСВТ на новом поколении  $n$ -канальных БИС. Микроконтроллеры (МК) обладают функциональной законченностью, имеют программируемые каналы связи с объектом, средства ориентации на конкретное применение, достаточные для хранения программ объемы ПЗУ (ППЗУ), исключающие необходимость ввода программ с внешних носителей, и отличаются малыми габаритами и потребляемой мощностью.

Опыт проектирования и внедрения одноплатных микроЭВМ предыдущего поколения показал, что стремление разместить на одной плате ресурсы, обеспечивающие автономное применение, и возможности подключения функциональных модулей приводит к перегрузке платы и неэффективности использования размещенных на ней средств для конкретного применения. При разработке нового поколения встраиваемых МСВТ предусмотрено создание двух базовых моделей, открытой и закрытой, с системой команд микроЭВМ «Электроника 60», конструктивной и электрической совместимостью микропроцессорных комплектов БИС, имеющих плату стандартного размера и стандартный межплатный интерфейс (МПИ).

Открытая модель обеспечивает возможность подключения функциональных модулей при помощи МПИ для расширения ее внутренних ресурсов и построения мультимашинных систем.

Закрытая модель используется там, где ресурсов платы достаточно для автономного применения.

Возрастающая степень интеграции БИС позволяет разместить на одной плате такие ресурсы, которые требовали нескольких плат предыдущего поколения микроЭВМ. Вместе с тем отдельная одноплатная модель обладает фиксированными ресурсами памяти и ввода-вывода, которые ограничивают ее применение. Способом решения этого противоречия является создание функционально полного набора одноплатных модулей, отличающихся объемами памяти и набором устройств ввода-вывода, или разработка средств проектирования, ориентированных на заказные одноплатные модели.

Микроконтроллеры «Электроника СМС121» разработаны на основе метода фрагментно-модульного проектирования, позволяющего создавать различные варианты функционально-конструктивных модулей (ФКМ) из библиотеки функциональных фрагментов, обладающих интерфейсной, конструктивно-топологической и программной совместимостью. ФКМ имеют постоянную часть для установки базового функционального фрагмента (БФФ), определяющего функциональную принадлежность ФКМ, и переменную часть для размещения различных наборов переменных функциональных фрагментов (ПФФ). Конструктивно-топологическое раз-

мещение БФФ и ПФФ на плате МК «Электроника СМС121» размером 144,5×220 мм представлено на рис. 1.

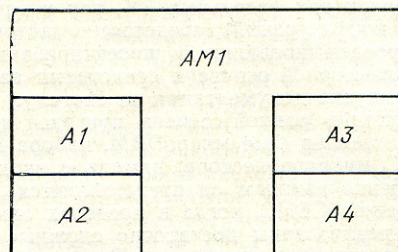


Рис. 1. Размещение базовых и переменных функциональных фрагментов на плате микроконтроллера «Электроника С5-41»: АМ1 — позиция для размещения БФФ; А1...А4 — позиции для размещения ПФФ

Дополнительные возможности адаптации ФКМ к конкретному применению обеспечиваются многофункциональностью БИС, функциональных фрагментов и платы в целом благодаря программной перестройке работы устройств ввода-вывода, программному перемещению адресов ОЗУ и регистров ввода-вывода и коммутации внутрисплатных связей.

Базовый функциональный фрагмент МК «Электроника СМС12101.1» и «Электроника СМС12102.1» построен на основе  $n$ -канальных БИС серий К1801 и К1809, совместимых электрически и конструктивно. В состав БФФ входит:

- однокристалльный микропроцессор К1801ВМ1, реализующий систему команд микроЭВМ «Электроника 60» и определяющий производительность МК;
- статическое ОЗУ К1809РУ1 емкостью 1024×16 бит (обеспечена программная установка старших разрядов адреса и блокировка записи);
- масочное ПЗУ К1809РЕ1 емкостью 4К×16 бит и резидентным программным обеспечением (старшие разряды адреса заносятся при изготовлении БИС);
- розетка для установки БИС К1809РУ1, К1809РЕ1 или К573 РФЗ (ППЗУ емкостью 4К×16);
- интерфейс радиальный последовательной связи (ИРПС) на основе БИС К1801ВР1-035;
- интерфейс магистральный последовательной связи на основе БИС К1809ВВ2;
- тактовый генератор на основе микросхемы К531ЛН1П.

Библиотека функциональных фрагментов содержит набор функциональных фрагментов (табл. 1), часть из которых использована при разработке МК «Электроника СМС121», а остальные при создании функционально-конструктивных модулей различного назначения.

МК «Электроника СМС12101.1» представляет собой закрытую модель, в которой позиции А1...А4 (см. рис. 1) заняты фрагментом ВВ1. Модель рассчитана на связь с управляемым объектом по программируемым цифровым каналам ввода-вывода.

Функциональный фрагмент	БИС	Технические данные
BB1	K1809BB1	Число 8-разрядных параллельных каналов — 2. Число 8-разрядных регистров счета-сдвига — 1. Программная установка режимов приема, передачи, сдвига, счета импульсов по модулю $2 \div 256$ , счета импульсов сдвига по модулю 8.
BB2	K1809BB1	Число 8-разрядных параллельных каналов — 2. Число 8-разрядных регистров счета-сдвига — 1. Программная установка режимов приема, передачи, сдвига, счета импульсов по модулю $2 \div 256$ , вектора прерывания. Возможность использования параллельного канала как предрегистра векторных прерываний.
Межмодульный параллельный интерфейс МПИ* (ОСТ 11.305.903-80)	—	Распределение внутренних и внешних адресов по зонам задается перемычками.
Статическое ОЗУ 8К*	K1809PU1	Емкость 8К 16-разрядных слов. Программная настройка адреса и возможность блокировки записи с точностью до БИС (1К).
Статическое ОЗУ 3К	K1809PU1	Емкость 3К 16-разрядных слов. Программная настройка адреса и возможность блокировки записи с точностью до БИС (1К).
Видеоинтерфейс (ВИ)	K1809BG3	Контроллер связи с ВКУ на черно-белой или цветной ЭЛТ (телевизионный интерфейс); контроллер клавиатуры (до 256 клавиш).
Интерфейс магнитофона (ИМ)	K1809BG1	Частотно-модулированный последовательный асинхронный канал для связи (скорость передачи до 9600 бод) с бытовым магнитофоном и построения акустического модема. Число 8-разрядных входов — 1; Число 8-разрядных выходов — 1.
Интерфейс ИРПС	K1801BPI-035	Обмен с ВУ по стандартному последовательному интерфейсу через узел оптронной развязки. Скорость передачи до 9600 бод. Адреса регистров, режимы работы задаются перемычками.
Примечание: Фрагменты, отмеченные *) занимают две позиции на плате: A1 и A2 или A3 и A4.		

МК «Электроника СМС12102.1» — открытая модель, в которой позиции A1, A2 заняты фрагментом BB1, а позиции A3, A4 предназначены для МПИ. Функциональные возможности этой модели могут быть расширены за счет подключения через МПИ функциональных модулей.

Программная установка резидентного ОЗУ и ввода-вывода на требуемые зоны адресов обеспечивает гибкость при построении различных конфигураций, возможность построения отказоустойчивых систем без дополнительных схем коммутации путем программного переключения отказавших и резервных БИС ОЗУ и ввода-вывода. Наличие системного последовательного канала (СПК) магистрального типа с резидентным программным обеспечением дает возможность создавать многомашинные распределенные системы и малые локальные сети (МЛС).

Фрагмент МПИ, установленный в открытой модели, разделяет внешнюю и внутрислатную магистрали и позволяет строить многопроцессорные системы с общей памятью. В этом случае разделение во времени при обращении к общим ресурсам сочетается с параллельной работой одноплатных МК с программами и информацией, размещенными в резидентной памяти. Основные характеристики МК «Электроника СМС121» приведены ниже.

#### Техническая характеристика МК «Электроника СМС121»

Разрядность, бит	16
Система команд	МикроЭВМ «Электроника 60» (ОСТ 11.305.909-82)
Время выполнения команд, мкс	
— сложение «регистр-регистр»	2
— сложение «регистр-память»	4,4
Ввод-вывод:	
— число программируемых 8-разрядных каналов	
«Электроника СМС12101.1»	8
«Электроника СМС12102.1»	4
— число последовательных программируемых многофункциональных регистров счета-сдвига	
«Электроника СМС12101.1»	4
«Электроника СМС12102.1»	2
Объем памяти, Кбайт	
— резидентное ОЗУ	2
— резидентное ПЗУ	8
— масочное ПЗУ (ППЗУ)	8
Возможность наращивания памяти для МК	

# «Электроника СМС12102.1»

до 64 Кбайт за  
счет подклю-  
чения к внешней  
магистрала

## Система прерывания:

— число линий аппаратного прерывания

— глубина прерывания

1 (векторное прерывание)  
определяется программным стеком

Время реакции на прерывание, мкс

24,4

## Система интерфейсов:

ИРПС, скорость передачи, Кбайт/с

1,2

СПК, скорость передачи, Кбайт/с

26

Потребляемая мощность, В·А (от источника питания +5 В)

8

Напряжение источников питания, В

$+5 \pm 5\%$ ,  $+12 \pm 5\%$  (для ИРПС)

Входные сигналы

совместимы с ТТЛ-схемами  $237 \times 173 \times 19$

Габариты, мм

0,33

Масса, кг

Диапазон рабочих температур, °С

от  $-10$  до  $+50$

Относительная влажность, %

95 при  $+35^\circ\text{C}$

Вибрации: частота, Гц; амплитуда, мм

25; не более 0,1

Для построения многоплатных конфигураций на базе МК «Электроника СМС12102.1» могут быть использованы функциональные модули, обладающие

Таблица 2  
Функциональные модули

Наименование	Технические данные
«Электроника СМС82105.1»	Модуль цифровых каналов. Основная микросхема—К1809ВВ1. Число 8-разрядных параллельных каналов — 6. Число 8-разрядных регистров сдвига — 3. Возможность использования двух каналов в качестве предрегистров двух векторных прерываний
«Электроника СМС35101.1»	ОЗУ $12\text{K} \times 16$ (К1809РУ1). ПЗУ (ППЗУ)— $16\text{K} \times 16$ (К1809РЕ1) или К573РФЗ. Программная настройка адреса и возможность блокировки записи.
«Электроника СМС12103.1»	Контроллер связи с ВКУ: цифры, алфавит, псевдографика; 32 строки на 64 символа, графика $256 \times 256$ точек. Основа — БИС К1809ВГ3, резидентное ОЗУ $9\text{K} \times 16$ (К1809РУ1), резидентное ПЗУ $8\text{K}$ (К1809РЕ1), связь с МК — через ИРПС, СПК.
«Электроника СМС65501.1»	Индикационное клавишное устройство: клавиатура — 36 клавиш; индикация — 14 разрядов, связь с отлаживаемыми микроЭВМ — через ИРПС, СПК.

## Цифровые входы

16 входов с гальванической развязкой;  
16 входов предрегистра прерывания

## Цифровые выходы

16 выходов с гальванической развязкой 24В, 0,5 А.

## Таймеры

Три 16-разрядных таймера, три выходных канала программируемой частоты.

## Релейный выход

16 выходов, напряжение коммутации — до 110 В, тип реле РЭС 55.

## АЦП

Двухплатная конструкция:

погрешность, %  $\pm 0,1$   
быстродействие, мкс 150  
число каналов 16  
разрядность, бит 12

Гальваническая развязка

## ЦАП

Двухплатная конструкция:

погрешность, %  $\pm 0,1$   
быстродействие, мкс 10  
число каналов 2  
разрядность, бит 12

Гальваническая развязка

## Удлинитель МПИ

Ретрансляция на 15 м

## Мультиплексор ИРПС

4 канала ИРПС.

## Мультиплексор ИРПС

2 канала ИРПС с выходом на оптоволоконный кабель.

## Цифровые входы—выходы

16 входов и 16 выходов с гальванической развязкой, вых. ток 0,2 А.

## Блок питания

$\pm 5\text{ В}$ ,  $+12\text{ В}$ ,  $-12\text{ В}$

## Несущий конструктив

Секция на 13 модулей+блок питания.

## Коммутатор аналоговых сигналов

Число аналоговых входов 32,16  
Погрешность передачи, %  $\pm 0,1$   
Время коммутации, мкс 20

электрической, программной и конструктивной совместимостью (табл. 2).

Программное обеспечение и средства отладки. Унифицированная система команд микроЭВМ «Электроника 60» позволяет воспользоваться имеющимся стандартным программным обеспечением для разработки целевых программ и отладочными комплексами на базе микроЭВМ «Электроника 60» и «Электроника НЦ». Прототипные системы могут быть построены подключением к этим комплексам функциональных модулей, эквивалентных ПФФ отлаживаемого МК, например, прототипная система для МК «Электроника СМС12101.1» — на основе двух функциональных модулей «Электроника СМС82105.1», эквивалентных четырем ПФФ ВВ1, установленным в закрытой модели

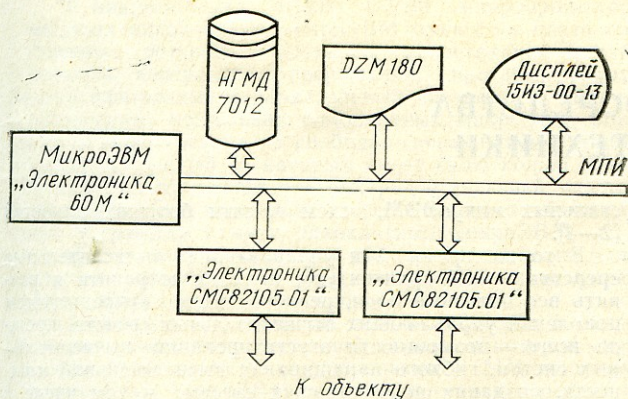


Рис. 2. Состав устройств отладочного комплекса для микроконтроллера «Электроника СМС12101.1»

(рис. 2). Финишная отладка программ, записанных в ПЗУ (ПЗУ), осуществляется с помощью пультного терминала, подключенного через ИРПС или СПК. В качестве пультного терминала может быть использован дисплей или модуль «Электроника СМС65501.1», подключенный к МК «Электроника СМС121» (рис. 3) через цифровые каналы ввода-вывода.

Программное обеспечение пультных режимов реализовано в БИС ПЗУ, входящей в состав БФФ, и составляет часть резидентного программного обеспечения, включающего программу начального пуска, тесты, управление СПК и дополнительные сервисные программы. Пультные режимы предоставляют программисту расширенные и ориентированные на наличие ПЗУ возможности отладки программ: остановки по счетчику команд, записи по заданному адресу, чтение и запись байта и другие.

**Типовые конфигурации на новом поколении МК.** Первый уровень построения типовых конфигураций (ТК) — это формирование заказных версий в открытом и закрытом вариантах из перечисленного набора фрагментов с учетом предусмотренного перераспределения ресурсов и режимов работы отдельных БИС программным путем и с помощью специальных перемычек.

Второй уровень — подключение функциональных модулей к открытым моделям для расширения количественных (память, цифровые каналы) и качественных (аналоговые каналы, мультиплексоры) ресурсов. При значительных ресурсах памяти МК подключение к ним практически любого ФМ позволяет реализовать ряд стандартных функций. Поэтому основой второго

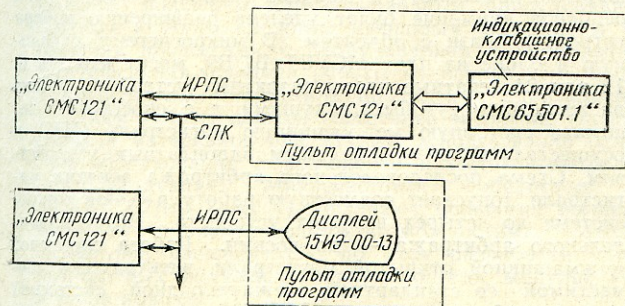


Рис. 3. Средства для финишной отладки программ

уровня ТК может служить пара МК и ФМ, собранная в едином конструктиве.

**Третий уровень** — комплексирование однотипных или разнотипных закрытых моделей для построения децентрализованных и иерархических структур. При этом состав переменной части каждого МК задает набор выполняемых стандартных функций, а возможности комплексирования определяются схемно-программным обеспечением радиального и магистрального последовательных интерфейсов.

На рис. 4 приведен пример ТК третьего уровня, представляющий собой малую локальную сеть. МК 2,3 содержат аппаратно-реализованные специальные интерфейсы — аналоговый и телевизионный. МК 1, 4, 5 имеют только универсальный программно-управляемый интерфейс, который предназначен для связи с объектом управления, а МК2 — для программной реализации стандартного интерфейса (например, приборного интерфейса по ГОСТ 26.003-80). МК5 вместе с пультом программиста и (или) стандартным дисплеем, подключаемым к ИРПС, используется в качестве пультной ЭВМ. На него же можно возложить функции контроллера малой локальной сети (МЛС).

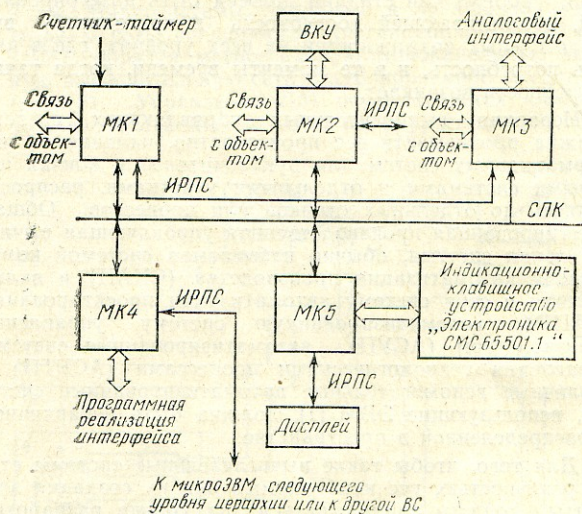


Рис. 4. Комплексирование микроконтроллеров закрытого типа в малую локальную сеть

Каналы ИРПС могут быть использованы для подключения периферийных устройств, дополнительных связей между отдельными МК для выхода на ЭВМ более высокого уровня в системе управления, а также для связи с другой МЛС, построенной на той же основе.

Перспективным представляется построение таких иерархических систем, в которых ТК третьего уровня будет подключаться к микро- или мини-ЭВМ, имеющей ресурсы, отсутствующие у одноплатных МК — в первую очередь, внешние накопители и быстродействующие печатающие устройства.

Статья поступила 6 апреля 1984 г.

Н. Н. Шереметьевский, В. М. Долкарт

## МАГИСТРАЛЬНО-МОДУЛЬНЫЕ МИКРОСРЕДСТВА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Применение микросредств управляющей вычислительной техники (МСУВТ) серий В7 и В9 позволяет создавать автоматизированные системы управления электрооборудованием и технологическими процессами электротехнических производств, повышать эффективность использования основного электротехнического оборудования, надежность и гибкость системы управления.

Развитие вычислительной техники и расширение сферы ее применения сопровождается расширением круга задач, которые ставятся современным производством перед вычислительной управляющей техникой и системами управления оборудованием. Общая производственная вычислительная управляющая система завода, фабрики или станции должна быть интегрированной, обеспечивающей доступность и пригодность вычислительных возможностей на всех уровнях, где в них есть потребность, и в те моменты времени, когда такая потребность возникает.

Иерархия вычислительных управляющих средств должна пронизывать все производство, начиная от информационно-систем для руководителей и кончая цеховыми системами и отдельными участками, распространяясь до отдельных станков или процессов. Общая интегрированная производственная управляющая вычислительная система, обычно называемая системой комплексной автоматизации производства (СКАП) и включающая в себя систему автоматизации проектирования (САПР), автоматизированную систему управления производством (АСУП), автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) и различные вспомогательные автоматизированные системы, использующие ЭВМ [1], должна быть иерархичной и распределенной в пространстве.

Для того, чтобы такие вычислительные системы стали реальностью, все необходимые для их создания элементы должны закладываться на уровне разработки отдельных подсистем. Автоматизированные или полностью автоматические подсистемы управления оборудованием или технологическими процессами, осуществляющие связь с оборудованием, процессом и оператором, работают в реальном масштабе времени и решают задачи, связанные с управлением цифровыми и аналоговыми процессами, происходящими в реальном оборудовании и объектах.

Такие задачи хотя и требуют большого объема вычислений, однако легко допускают их распараллеливание, разделение задачи управления объектом или процессом на отдельные достаточно простые законченные составные части, которые можно решать независимо. Таким образом, средства управляющей вычислительной техники для этих подсистем должны иметь архитектуру, обеспечивающую одновременное решение множества достаточно простых и свободно-связанных задач, а также широкий набор гибких аналоговых и цифровых устройств связи с объектом, образующих интерфейс с процессом и удобный интерфейс с оператором.

В процессе разработки АСУ электротехнических производств выявилась потребность в новой архитектуре управляющих вычислительных средств, которые отвечали бы всем требованиям производства, а также существующим и перспективным возможностям полупроводниковой технологии производства БИС, СБИС и ССБИС однокристальных микропроцессоров, однокри-

сталльных микроЭВМ, схем памяти больших емкостей [2—4].

В то же время эти управляющие вычислительные средства новой архитектуры должны сохранить и развить все полезные идеи, реализованные в предыдущем поколении управляющих вычислительных средств, прежде всего — возможности агрегатирования вычислительных систем, гибкого наращивания вычислительной мощности, создания иерархических систем, в том числе с распределенной управляющей вычислительной мощностью. Новая архитектура средств управляющей вычислительной техники должна быть параллельной, многопроцессорной, многомашиной, обеспечивающей переменную аппаратно-программную модульность в рамках общей многоуровневой локальной управляющей вычислительной сети с распределенной управляющей вычислительной мощностью, а также повышение «интеллектуальности» всех частей автоматизированных управляющих вычислительных систем с переносом процесса обработки информации возможно ближе к местам ее возникновения и использования.

Такая архитектура была предложена в середине 70-х годов в виде нового поколения магистрантно-модульных управляющих вычислительных структур, в которых общая системная параллельная стандартная магистраль объединяет в едином конструктиве аппаратно-программные модули, изготовленные в виде совместимых одноплатных микроЭВМ, ЗУ, устройств ввода-вывода, УСО и интерфейса с внешними ЗУ [5, 6]. Использование новейших БИС, СБИС, а в дальнейшем ССБИС, позволит создать мощные и недорогие одноплатные микроЭВМ и устройства расширения ресурсов, образующие в едином конструктиве мощные многомашинные микросистемы с мегабайтным объемом оперативной памяти и производительностью в несколько миллионов операций в секунду, выполненные всего на нескольких многослойных печатных платах. Именно такая архитектура магистрантно-модульной структуры нового поколения и была использована при разработке микросредств управляющей вычислительной техники серий В7 (8-разрядных) и серии В9 (16-разрядных) — МСУВТ В7/В9, проблемно-ориентированных на использование в АСУ электротехнических производств.

В настоящее время в состав модулей МСУВТ В7/В9 входят три типа процессорных устройств, четыре типа устройств расширения процессорных ресурсов, семь типов устройств сопряжения, шесть типов устройств аналогового ввода-вывода и четыре типа устройств цифрового ввода-вывода. Предполагается дальнейшее расширение номенклатуры модулей МСУВТ В7/В9, причем основное внимание будет уделено расширению набора устройств связи с объектом. В микросистему, собранную в блоке из плат МСУВТ В7/В9, могут входить 6, 12 или 24 печатные платы различных устройств, восемь из которых могут быть ведущими, т. е. способными занимать системную межмашинную магистраль (ММ) и осуществлять связь с ведомым одноплатным устройством. Схема последовательного арбитража занятия магистрали допускает совместную работу в одной микросистеме до четырех ведущих устройств, схема параллельного арбитража — до восьми. Работа системной межмашинной открытой магистрали, электрически совместимой со стандартной международной системной межплатной магистралью IEEE-796, не зависит от типа микропроцессора, используемого в платах ведущих устройств.

В микросистемах МСУВТ В7/В9 микропроцессоры ведущих одноплатных микроЭВМ имеют на плате собственные ресурсы оперативной и постоянной памяти, таймеры, контроллеры прерываний, программируемый последовательный и параллельный интерфейсы. При использовании нескольких одноплатных микроЭВМ образуется микросистема из свободно-связанных мультипроцессоров, каждый из которых имеет свою копию операционной системы. Наличие быстросвязующей межпроцессорной связи через ММ и, особенно, через двухпортовые устройства памяти одноплатных микроЭВМ, делает эффективной совместную работу нескольких одноплатных микроЭВМ по решению общей задачи управления оборудованием или процессом.

Двухпортовые устройства памяти образуют в микросистеме единое поле системной памяти, в которой связь между отдельными подсоединенными к ММ модулями одноплатных микроЭВМ сводится просто к передаче по ММ блоков данных из одной области памяти в другую. Некоторые одноплатные микроЭВМ помимо выхода на ММ имеют выход на внутримашинную магистраль (ВМ), через которую к ним могут подключиться одноплатные, периферийные устройства ввода-вывода и УСО, требующие большого объема предварительной обработки получаемой или выдаваемой информации. При этом обработка информации производится в микроЭВМ, управляющей работой внутренней магистрали без занятия общей системной магистрали.

Таким образом, управляющие вычислительные средства МСУВТ В7/В9 характеризуются возможностью наращивания вычислительной управляющей мощности путем добавления одноплатных аппаратно-программных модулей, совместной обработки 8- и 16-разрядных данных, способностью адресовать до 16 Мбайт системной памяти, широким набором разнообразных УСО. Архитектура МСУВТ В7/В9 допускает независимую разработку аппаратно-программных одноплатных модулей с последующим их объединением в единую управляющую микросистему. В МСУВТ В7/В9 применяются серийно выпускаемые микропроцессорные комплекты БИС К580 и К1810 (однокристальный микропроцессор К1810ВМ86).

На основе МСУВТ разработаны автоматический регулятор возбуждения турбо- и гидрогенераторов типа АРВ-СДМ, позволяющий повысить пропускную способность линий электропередач ЕЭС СССР, устройство противоаварийной автоматики энергосистем типа ПАА, регулятор мощности турбоагрегата типа ЭЧСР-М. Важным свойством управляющих вычислительных средств МСУВТ В7/В9 является их повышенная механическая устойчивость, позволяющая надежно работать в непосредственной близости к электрооборудованию в условиях повышенных вибраций. Широкое применение в модулях УСО гальванических развязок обеспечивает надежную работу в условиях повышенных электромагнитных помех.

Использование МСУВТ В7/В9 позволяет создавать «интеллектуальное цифровое электрооборудование», реализующее удобный и гибкий интерфейс с процессом, оператором, заводским или станционным оборудованием. Переход к более сложным цифровым алгоритмам управления процессами и оборудованием с применением моделирования процесса работы на основе измеряемых и вычисляемых параметров процесса, с адаптацией к условиям работы должен обеспечить экономию энергии, сырья и материалов при лучшем использовании основного оборудования и повышении качества изготавливаемой продукции. Микросистемы, собираемые из МСУВТ В7/В9 (рис. 1), обладают большими вычислительными и управляющими возможностями, которые непрерывно расширяются по мере разработки новых одноплатных модулей, в первую очередь, модулей УСО и ввода-вывода.

Такие микросистемы образуют местные управляющие вычислительные комплексы для управления отдельным процессом или оборудованием. В то же время

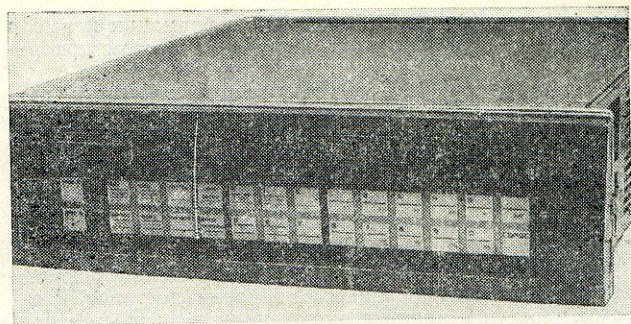


Рис. 1. Общий вид шестиплатной микросистемы МСУВТ В7/В9

в состав МСУВТ В7/В9 входят аппаратно-программные модули, позволяющие соединить отдельные управляющие вычислительные микросистемы в локальную вычислительную сеть [7], располагаемую на расстоянии 0,5—2 км. Микросистемы, входящие в локальную вычислительную сеть, соединяются дистанционной магистралью (ДМ), образуя магистральную моноканальную локальную вычислительную сеть с дублированной магистралью (рис. 2). Управление ДМ осуществляется контроллером, располагаемым в одной из микросистем (в осталь-

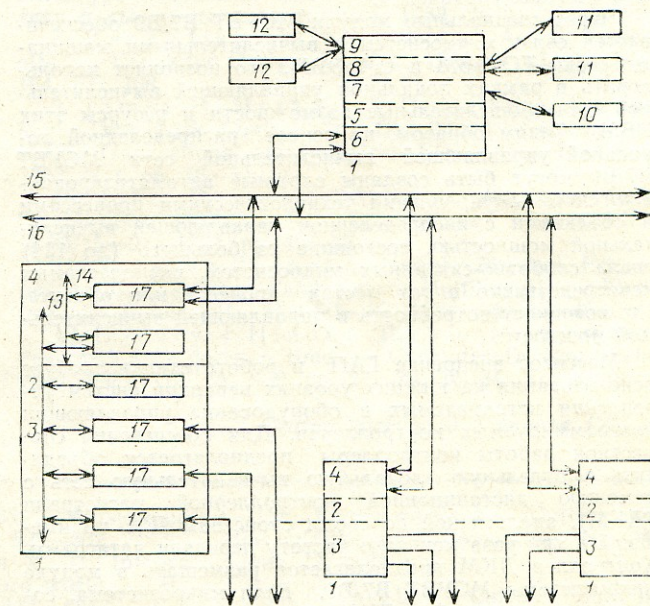


Рис. 2. Типичная структурная схема локальной вычислительной сети, образованной микросистемами МСУВТ В7/В9:

1 — микросистема; 2 — 8-разрядный процессор с ОЗУ и ПЗУ; 3 — УСО; 4 — станция ДМ; 5 — 16-разрядный процессор с ОЗУ и ПЗУ; 6 — контроллер ДМ; 7 — контроллер дисплея; 8 — контроллер НГМД; 9 — контроллер АЦПУ; 10 — дисплей; 11 — НГМД; 12 — АЦПУ; 13 — межмашинная магистраль; 14 — внутримашинная магистраль; 15 — 0-ой канал дистанционной магистрали; 16 — 1-ый канал ДМ; 17 — одноплатные модули микроЭВМ и устройств

ных микросистемах располагаются станции ДМ). Применение единого центрального устройства управления ДМ облегчает процедуру опроса требований микроси-

стем на передачу по ДМ пакетов информации и выбор микросистем для участия в передаче с учетом приоритета.

В контроллере ДМ ведется служба реального времени, информация о котором передается во все микросистемы, входящие в состав сети. Передача информации по ДМ осуществляется в виде отдельных датаграмм в последовательном коде с частотой 1 Мбод. Сеть обладает повышенной надежностью, благодаря дублированию магистрали, осуществляющей передачу информации, и выбранному методу детерминированного доступа к моноканалу ДМ, обеспечивающему бесконфликтный доступ с детерминированным временем доставки датаграмм. Доступ станций к моноканалу разрешается после получения специальной разрешающей команды «передача эстафеты». Передача информации ведется только одной станцией в одно время, что обеспечивает уменьшение искажений передаваемых сигналов и соответственно повышение надежности работы локальной управляющей вычислительной сети [8].

Программное обеспечение, управляющее работой ДМ, реализует передачу данных между микросистемами согласно 1, 2 и 4 нижним уровням протокола эталонной модели архитектуры взаимодействия открытых систем, разработанной Международной организацией стандартов. В протоколах управления работой ДМ аппаратно реализованы только средства дешифрации адреса приемного устройства и ряд вспомогательных операций, что позволяет организовать программным путем самые различные способы «передачи эстафеты» между станциями ДМ, в том числе и с помощью распределенной системы управления.

Через специальные модули МСУВТ В7/В9 обеспечивается связь микросистем с вычислительными машинами серий ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ, что позволяет использовать в рамках локальной управляющей вычислительной сети вычислительные возможности и ресурсы этих ЭВМ. Таким образом, на основе распределенной локальной управляющей вычислительной сети МСУВТ В7/В9 могут быть созданы сложные автоматизированные системы управления технологическими процессами и объектами с распределенной управляющей вычислительной мощностью, состоящие из большого (до 124) числа свободно-связанных микросистем, располагаемых непосредственно в тех местах процесса или объекта, где возникает потребность в управляющей вычислительной мощности.

Массовое внедрение ГАП и робототехники требует использования на нижних уровнях иерархии систем управления встраиваемых в оборудование управляющих программируемых контроллеров. Для обеспечения совместной работы контроллеры предполагается объединить в отдельную локальную вычислительную сеть с помощью дистанционной контроллерной магистрали (ДКМ), аналогичной по своим свойствам ДМ, но имеющей в три раза меньшую частоту передачи датаграмм. Контроллер ДКМ предполагается размещать в модуле микросистемы МСУВТ В7/В9. Если микросистема, содержащая контроллер ДКМ, одновременно подключена к ДМ, то она может служить шлюзом между ДМ и ДКМ, обеспечивая передачу датаграмм из одной локальной сети в другую. К ДКМ может подключаться до 62 управляющих программируемых контроллеров, расположенных на расстоянии порядка 1—2 км.

Наличие магистралей ДМ и ДКМ, соединяемых с помощью шлюзов в общую взаимосвязанную локальную вычислительную сеть, позволяет создать единую интегрированную СКАП, в которой аппаратные и программные средства обеспечивают полностью автоматическое управление на нижних уровнях и участие человека в управлении на верхних уровнях. В такой локальной вычислительной сети (рис. 3) программы работы автоматизированных систем нижних уровней разрабатываются на верхних уровнях СКАП и пересылаются по сети для исполнения в подсистемы нижних уровней [9].

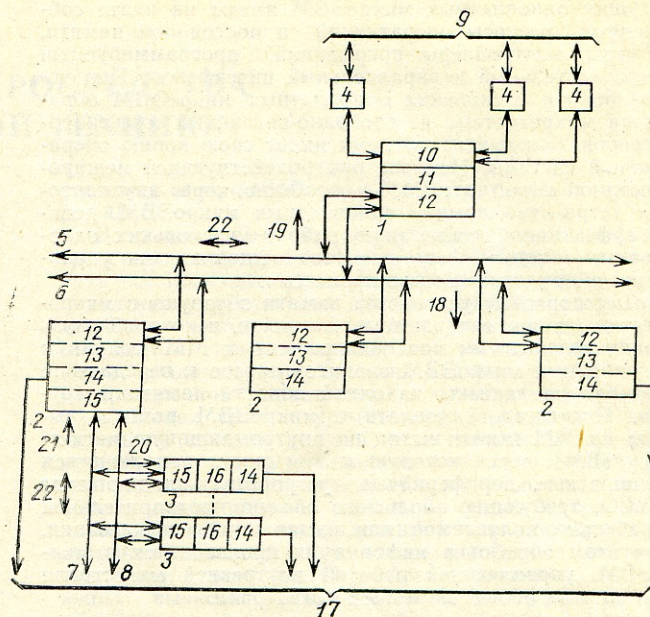


Рис. 3. Типичная структурная схема управляющего вычислительного комплекса с распределенной управляющей вычислительной мощностью, использующего МСУВТ В7/В9:

1 — микросистема центрального вычислительного комплекса; 2 — микросистема локального вычислительного комплекса; 3 — программируемый контроллер; 4 — устройство ввода-вывода; 5 — 0-й канал ДМ; 6 — 1-й канал ДМ; 7 — 0-й канал ДКМ; 8 — 1-й канал ДКМ; 9 — оператор; 10 — интерфейс с оператором; 11 — системный планировщик задач; 12 — интерфейс с ДМ; 13 — обработчик задач; 14 — интерфейс с процессом; 15 — интерфейс с ДКМ; 16 — обработчик операций; 17 — процесс; 18 — вызов задачи; 19 — ответ задачи; 20 — вызов операции; 21 — ответ операции; 22 — команды управления и данные

Локальные задачи и операции связаны достаточно свободно и могут выполняться асинхронно и независимо друг от друга. Синхронизация задач и операций производится системным планировщиком задач по командам вызова задач и операций. Планировщик получает ответы задач и операций, а также может приостанавливать выполнение задач и операций или полностью прерывать их выполнение.

Рассмотрим случай с централизованным системным планировщиком задач, который размещается в микросистеме центрального вычислительного комплекса. Обработчики задач и операций располагаются соответственно в микросистемах локальных вычислительных комплексов и программируемых контроллерах. Магистрантно-модульная структура МСУВТ В7/В9 позволяет создавать большое число обработчиков независимых задач, повышая производительность управляющего вычислительного комплекса; иметь несколько идентичных задач, обеспечивая повышение надежности за счет избыточности; решать несколько идентичных задач по разным алгоритмам, что еще более повышает общую надежность управляющего вычислительного комплекса. В микросистеме централизованного системного планировщика размещается и контроллер ДМ, что обеспечивает эффективное управление локальными вычислительными комплексами, где размещаются станции ДМ и обработчики локальных задач. Возможен случай использования системного планировщика задач, распределенного по обработчикам задач. В этом случае ДМ

должна строиться с распределенной системой управления ее работой.

Опыт применения МСУВТ В7/В9 показал, что назрела необходимость создания единой серии управляющих вычислительных средств (ЕС УВС) широкого общепромышленного применения, позволяющих создавать как простейшие системы управления оборудованием и процессами в виде локальных управляющих контроллеров, так и сложные распределенные управляющие вычислительные системы для управления крупными комплексами технологических установок и агрегатов. Учитывая, что срок жизни таких ЕС УВС, определяемый сменой нескольких поколений микропроцессоров, должен составлять около 15 лет, ЕС УВС целесообразно основывать на перспективном международном стандарте на магистрально-модульные структуры. Таким стандартом следует считать разрабатываемый в настоящее время международный стандарт IEEE P.896.2 на пять магистралей, конструкцию модулей и электрические характеристики используемых сигналов [10—12]. Он создается на основе евроконструктивов и 96 выводных евроразъемов, одобренных МЭК, и предусматривает использование открытой параллельной системной магистрали с пропускной способностью до 40 Мбайт/с, не зависящей от типов применяемых однокристальных микропроцессоров или однокристальных микроЭВМ и обеспечивающей работу с 8-, 16-, 32-разрядными данными.

Особенность стандарта на магистрально-модульные структуры, делающая их подобными структуре локальной вычислительной сети, состоит в том, что он распространяется и на протоколы передачи сообщений и команд между модулями. Реализация этих протоколов будет осуществляться с помощью отдельных специальных БИС, что позволит разгрузить центральные микропроцессоры модулей. Введен контроль по четности передаваемых по магистрали управляющих сигналов и данных, а также средства диагностики неисправностей плат. Возможность применения в одноплатных микроЭВМ 32-разрядных однокристальных микропроцессоров с производительностью до нескольких миллионов 32-разрядных операций в секунду позволяет получить общую вычислительную мощность микросистемы, включающей до 20 таких одноплатных микроЭВМ, равную нескольким десяткам миллионов операций в секунду.

ЕС УВС можно использовать на большинстве уровней управления сложным автоматизированным производством, дополняя их, в случае необходимости, специализированными одноплатными устройствами, выпускаемыми в соответствии со стандартами на ЕС УВС (за исключением, может быть, самого верхнего уровня, где придется использовать высокопроизводительные

ЭВМ серии ЕС или СМ с развитой периферией). Создание ЕС УВС, обеспечивающих широкое внедрение следующего поколения магистрально-модульных управляющих вычислительных средств, существенно повысит технический уровень вновь создаваемых автоматических и автоматизированных управляющих систем при одновременном снижении объема используемого оборудования, повышении его надежности и облегчении эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Эрик Л. Келлер. Автоматизация производства (обзор). — Электроника, 1983, № 20, стр. 35, 36.
2. Federico Faggin. How VLSI impacts computer Architecture. — IEEE Spectrum, May, 1978, N 5, pp. 28—31.
3. А. Рейсман. Переход к микронным и субмикронным размерам в технике интегральных схем. — ТИИЭР, т. 71, № 5, май, 1983, стр. 6—24.
4. Amar Gupta and Hoo-Min D. Toong. Microprocessors — The First Twelve Years. — Proceedings of the IEEE, vol. 71, N 11, November, 1983, pp. 1236—1256.
5. Дж. Доур. Дешевые вычислительные устройства на базе микропроцессоров. Революция личных и одноплатных ЭВМ. — ТИИЭР, т. 66, № 2, февраль, 1978, стр. 7—24.
6. John Black and Jeff Gorin. What is a bus-based system? — Instruments and Control Systems, February, 1983, N 2, pp. 50—54.
7. Э. А. Якубайтис, В. Ф. Баумгарт. Архитектура локальных вычислительных сетей. — Автоматика и вычислительная техника, 1983, № 2, стр. 3—20.
8. Mark Stieglitz. Local Network Access Trade-offs. — Computer Design, October, 1981, N 10, pp. 163, 164, 166, 168.
9. James H. Herzog. A Design Perspective for Real-Time Task Control in Distributed Systems. — IEEE Transactions on Industrial Electronics, February, 1983, N 1, pp. 46—51.
10. John Deaston. Structure des bus dans l'architecture Multibus II. — Electronique Industrielle, N 63/15—01—1984, pp. 40—53.
11. Stephen Rancher et Narjala Bhasker. Echanges de messages dans l'architecture Multibus II. — Electronique Industrielle, N 64/1—02 1984, pp. 43—48.
12. Harvey J. Hindin. Thirty — two bit system designers face decision time. — Computer Design, February, 1984, vol. 23, N 2, pp. 27—29, 32, 34, 36, 38, 40.

Статья поступила 2 апреля 1984 г.

Окончание. Начало см. на стр. 15

18. Lemmons P. The wizard behind the Macintosh. — Byte, 9, No 2, 1984, p. 63.

19. Les ordinateurs portables. — 01 Hebdo, no 767, 19 September, 1983, p. 53—54.

20. Macfarlane D. What you get when you buy office automation. — Datamation, 29, No 2, 1983, p. 102—114.

21. Malloy R. Little big computer. The TRS-80 Model 100 portable computer. — Byte.

22. Mason R. E. A. (Ed.). Information processing 83. Amsterdam: North-Holland, 1983.

23. Metcalfe R. M. Local networking of personal computers. — In: R. E. A. Mason (Ed.). Informati-

on processing, 83. Amsterdam: North-Holland, 1983, 525—532.

24. Nicholson R. T. Integrating voice in the office world. — Byte, 8, N 12, 1983, p. 177—184.

25. Papert S. Mindstorms: children, computers and powerful ideas. — Brighton: Harvester Press, 1980.

26. Saal H. Local area networks. An update on microcomputers in the office. — Byte, 8, No 5, 1983, p. 60—79.

27. Sherwood H. F. Office automation. Theory and practice. Survey report. — Bad Homburg: Sherwood and Associates, April, 1983, p. 83.

28. Smith A. N. (Ed.). AFIPS Conference proceedings, v. 52. 1983. National computer conference. — Arlington: AFIPS Press, 1983.

29. Townsend K. Cutting out the middleman. — Computing, No 24, June, 17, 1982, p. 11.

30. Ulrich W. Current issues in electronic mail — heralding a new area. — In: AFIPS Conference Proceedings, vol. 52. Arlington: AFIPS Press, 1983, p. 361—365.

31. Warfield R. W. The new interface technology. — Byte, 8, No 12, p. 218—230.

32. Williams G. The Apple Macintosh computer. — Byte, 9, No 2, 1984, p. 30—54.

33. AFIPS — Conference proceedings, vol. 52, 1983, National Computer Conference. Arlington: AFIPS Press, 1983.

Н. Л. Прохоров, И. Я. Ландау

## МИКРОЭВМ СМ-1800 И ЕЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

МикроЭВМ СМ-1800 применяется на предприятиях с непрерывным и дискретным характером производства в металлургической, тракторной и автомобильной, энергетической и нефтегазовой отраслях промышленности, на предприятиях подъемно-транспортного машиностроения, в учреждениях Госплана.

СМ-1800 представляет собой 8-разрядную универсальную микроЭВМ, построенную на базе микропроцессора КР580ИК80А. Она предназначена для управления производственными процессами и агрегатами, автоматизации лабораторных измерений и экспериментов, научных приборов, подготовки, обработки текстовой и табличной информации и выполнения вычислительных работ.

## Основные технические характеристики

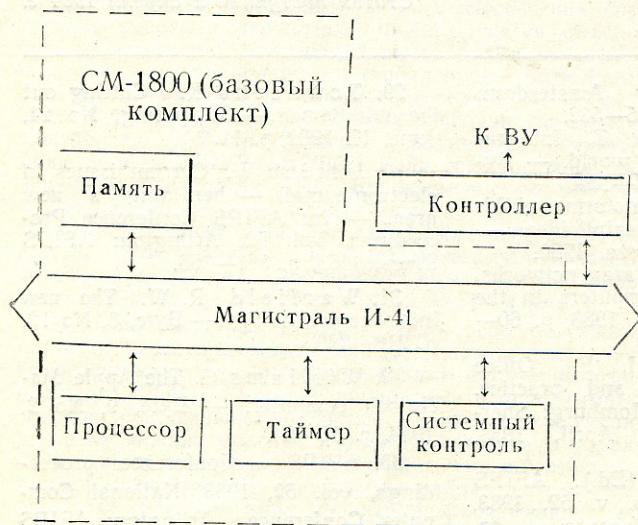
Разрядность	8 бит
Время выполнения команд	от 2 до 8,5 мкс
Максимальный объем памяти	64 Кбайт
Число уровней прерывания	8
Максимальное количество адресуемых портов:	
ввода	256
вывода	256

## Внешние устройства СМ-1800

Накопитель на гибких магнитных дисках PLX45D5	2 дискеты емкостью по 256 Кбайт
Алфавитно-цифровой дисплей	ВТА-2000—30
Устройство для ввода-вывода перфокарт	СМ-6204

Кроме базового комплекта СМ-1800, есть ряд устройств для подключения машины к линиям связи, объектам управления и т. д. (см. Приложение).

С точки зрения структуры вычислительного комплекса СМ-1800 относится к машинам с магистральной архитектурой, как и почти все современные мини- и микроЭВМ (см. рисунок).



Структурная схема СМ-1800

## Внутрисистемный интерфейс

Устройства связаны общей магистралью связи. Системный интерфейс И-41 — высокопроизводительная асинхронная магистраль с временем цикла 200 нс. Она имеет 20 линий передачи адреса и 16 линий передачи данных, что позволяет прямо адресовать до 1 Мбайт памяти и до 8 К ( $K=1024$ ) устройств (портов) ввода-вывода (4 К портов ввода и 4 К портов вывода) и передавать как одно-, так и двухбайтные слова. Это обеспечивает возможность дальнейшего развития характеристик СМ-1800.

Интерфейс И-41 позволяет подключать устройства, работающие в режиме прямого и программно-управляемого доступа к оперативной памяти.

К магистральной можно одновременно подключить до 8 активных устройств (зататчиков). Это позволяет создавать на базе серийных модулей СМ-1800 мультипроцессорные комплексы и таким образом использовать несколькими процессорами общую память и внешние устройства.

## Конструктивное исполнение и состав оборудования

СМ-1800 — это агрегатированная система, включающая в себя набор модулей различного назначения. Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство и состоит из одной или двух печатных плат, вставляемых в монтажный блок. Монтажный блок — основной конструктивный элемент СМ-1800 — имеет размеры  $254 \times 255 \times 241$  мм и разъемы для установки 10 печатных плат, связанные линиями магистральной И-41.

Монтажный блок либо встраивается в конструкцию объекта управления, либо размещается в стандартном автономном комплексном блоке (АКБ) СМ ЭВМ. АКБ имеет приборное исполнение ( $483 \times 267 \times 770$  мм) и встраиваемое ( $483 \times 267 \times 783,5$  мм) в стандартную стойку или тумбу. В АКБ размещаются два монтажных блока СМ-1800, вентиляторы и источники питания. Если необходимый комплект СМ-1800 состоит из нескольких АКБ, то они соединяются специальными модулями расширения интерфейса.

Минимальный комплект СМ-1800 (базовая ЭВМ) состоит из модулей центрального процессора СМ-1800.2201 и системного контроля СМ-1800.2202. В зависимости от назначения базовая ЭВМ имеет: каркасное исполнение — для встраивания в объект управления (СМ-1801) — один монтажный блок с модулями системного контроля и центрального процессора; приборное — АКБ с теми же модулями (СМ-1802) и встраиваемое в стойку СМ ЭВМ (СМ-1803) — тоже АКБ.

Модуль центрального процессора состоит из двух печатных плат и содержит микропроцессор, схемы сопряжения с И-41, а также внутреннюю память: постоянную (2 Кбайт) и оперативную (1 Кбайт).

Модуль системного контроля выполнен на одной печатной плате и предназначен для арбитража запросов по магистрали, сопряжения с панелью управления и ряда других функций.

Минимальный комплект СМ-1800 может быть расширен модулями универсального назначения, а также модулями связи с управляемым объектом (УСО).

К первой группе относятся модули оперативной памяти емкостью 64 Кбайт (СМ-1800.3502) и постоянной памяти емкостью 4 Кбайт (СМ-1800.3701), таймера (СМ-1800.2001) и многорежимного таймера (СМ-1800.2004), связи с устройствами ввода-вывода, подключаемыми к параллельному (СМ-1800.7001) и последовательному (СМ-1800.7002) интерфейсам и др.

Ко второй группе относятся модули ввода и вывода дискретных (СМ-1800.9302, СМ-1800.9303), аналоговых (СМ-1800.9201, СМ-1800.9204, СМ-1800.9202) и число-импульсных (СМ-1800.9304) сигналов и другие.

Благодаря модульной конструкции СМ-1800 и стандарту на интерфейс И-41 можно по желанию пользователя компоновать в комплексе любой набор модулей: (фиксировано местоположение только модулей центрального процессора и системного контроля, остальные могут размещаться в свободных посадочных местах).

## Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) СМ-1800 включает в себя несколько операционных систем (ОС), ориентированных на различные применения машины, и пакеты прикладных программ. Системный монитор (ядро всех ОС) записан в постоянной памяти процессорного модуля. Он включает программы управления накопителем на магнитных дисках (НМД), системной консолью и начальной загрузкой ОС. При нажатии на панели управления СМ-1800 клавиши «сброс» программа начальной загрузки загружает с НГМД монитор (супервизор) ОС и передает ему управление.

В состав ПО СМ-1800 входят следующие **операционные системы**: СПО СМ-1800, ОС 1800, БРС РВ СМ-1800, МОС РВ-1800, ДОС 1800.

СПО СМ-1800 — простейшая из операционных систем. Она состоит из транслирующей системы (ассемблер, компилятор с языка ПЛ/М, интерпретатор языка Бейсик), редактора текста программы, отладчика и ряда сервисных программ.

СПО СМ-1800 чрезвычайно просто изучить и использовать; все ее компоненты хранятся на системной диске. Система обеспечивает редактирование, трансляцию, отладку и выполнение программ в диалоговом режиме и является инструментальной системой при подготовке прикладных программ реального масштаба времени для БРС РВ СМ-1800.

ОС 1800 — однопрограммная система, ориентированная в основном на диалоговый режим работы, хотя запуском косвенного командного файла дает возможность и пакетной обработки. ОС совместима с наиболее распространенной (для микроЭВМ класса СМ-1800) ОС СР/М-80. Транслирующая система ОС 1800 включает в себя макроассемблер и компиляторы с языков ФОРТРАН-4, Бейсик, МИБОЛ (подмножество КОБОЛА) и ПЛ/М. В 1984 г. в состав транслирующей системы будет включен компилятор с языка Паскаль. В состав вспомогательных и сервисных программ ОС 1800 входят: система управления файлами, редактор, диалоговый отладчик, программы обслуживания библиотек, программа преобразования файлов из формата СПО СМ-1800 в формат ОС 1800 и ряд других.

Система предназначена для использования в учетно-экономических и информационно-справочных системах небольшого объема; выполнения научно-технических расчетов и редактирования текстов.

Логически ОС 1800 делится на транслирующую систему и управляющие, сервисные и вспомогательные программы.

Управляющие программы ОС 1800 включают процессор консольных команд и систему управления вводом-выводом; последняя состоит из систем физического и логического ввода-вывода — соответственно СФВВ и СЛВВ.

СФВВ содержит программы управления реальными (физическими) внешними устройствами комплекса (драйверы устройств) и является единственной резидентной в оперативной памяти частью ОС 1800. Области ОЗУ, занятые остальными компонентами, могут при необходимости перекрываться пользовательскими программами, а затем снова загружаться в память.

СЛВВ обеспечивает для прикладных программ логический уровень доступа к внешним устройствам, давая тем самым возможность разрабатывать программы, не зависящие от конкретных характеристик устройств. СЛВВ — аппаратно-независимый компонент ОС 1800, поскольку работает с внешними устройствами через обращения к СФВВ.

Структура ОС 1800 быстро адаптируется при появлении новых внешних устройств в составе УКВ СМ-1800. Возможна постановка ОС 1800 на другие ЭВМ (на базе микропроцессоров КР580ИК80 и КР580ИИК80А).

Процессор консольных команд (ПКК) в диалоговом режиме интерпретирует командные строки, вводимые пользователем с системной консоли (алфавитно-цифрового дисплея), связывая таким образом, оператора с другими компонентами ОС 1800. В пакетном режиме с помощью специальной программы записанный на диске косвенный командный файл, состоящий из заранее подготовленных командных строк, передается в ПКК.

Структура командной строки очень проста: имя диска, идентификатор файла, параметры.

Файл, на который ссылается командная строка, загружается в память, начиная с адреса 100; на его начало передается управление. Естественно, предполагается, что указанный в командной строке файл содержит подготовленную компоновщиком программу в машинных кодах, иначе ПКК выдает на консоль сообщение об ошибке.

Операционные мультипрограммные системы реального масштаба времени БРС РВ СМ-1800 и МОС РВ СМ-1800 используются в АСУ ТП, АСНИ, применяются в специальных микропроцессорных приборах и устройствах на базе СМ-1800, в интеллектуальных УСО на базе СМ-1800. Они включают в себя драйверы модулей, связи с объектом управления, входящих в состав СМ-1800, обеспечивают работу с таймером, обслуживание прерываний, синхронизацию и обмен данными между отдельными задачами.

БРС РВ СМ-1800 — полностью ОЗУ-резидентная система, более проста и может использоваться на комплексах без НГМД и средств связи с оператором, в том числе на встроенных в управляемые объекты комплексах СМ-1800.

МОС РВ СМ-1800 совместима с БРС РВ СМ-1800 для прикладных программ и обеспечивает возможность работы с НМД, загрузки системы по линии связи, поддерживает межмашинный обмен в многомашинных комплексах на базе СМ-1800. Она включает средства работы одновременно с несколькими терминалами. В МОС РВ СМ-1800 возможна отладка прикладных программ без остановки системы.

БРС РВ СМ-1800 и МОС РВ СМ-1800 — исполнительные ОС. Прикладные программы для них готовятся с помощью инструментальных систем. Для МОС РВ СМ-1800 инструментальной системой является ДОС 1800; по своим возможностям она аналогична ОС 1800 и включает в себя макроассемблер, интерпретатор языка Бейсик и компиляторы для языков ПЛ/М и ФОРТРАН РВ (расширение ФОРТРАН-4 для задач реального масштаба времени).

В состав **пакетов прикладных программ (ППП)** СМ-1800 входят: ППП «Текст», ППП «ПД», система «Экономика», библиотека стандартных программ БСП 1800.

ППП «Текст» предназначен для ввода, редактирования, хранения и печати деловой корреспонденции, технической документации, отчетных форм (можно рабо-

тать с документами — лист А11 — и вдвое большего формата). Информация вводится с клавиатуры алфавитно-цифрового дисплея и заносится на НГМД страницами размером 78 строк по 80 символов; на одной дискете размещается 75 таких страниц. До ввода, в процессе ввода и редактирования данных можно менять поля табуляции.

Средства редактирования ППП «Текст» позволяют вызывать документ (или отдельные его страницы), выполнять вставки и изменения (в том числе — с поиском, изменением и вставкой нужной группы символов по всему тексту документа), компоновать новые документы из имеющихся на дискете, изменять формат документа для печати и перемещать столбцы в таблицах.

ППП «ПД» (подготовка данных) — простейшая информационно-поисковая система — вводит данные (документы) с терминала по заданному пользователем формату. Введенные и хранимые на нескольких дискетах в архиве документы можно редактировать и выводить на терминал или печать. Средствами ППП «ПД» можно находить отдельные поля (или группы полей) документа по их имени и значению занесенной в них информации; статистически обрабатывать хранящиеся в архиве данные и получать итоговые суммы по группам полей документа.

ППП «Текст» и «ПД» не требуют от оператора никаких знаний в области программирования и вычислительной техники. Для использования их требуется комплекс СМ-1800 (64 Кбайт памяти), НГМД, алфавитно-цифровой дисплей и печатающее устройство. Они работают под управлением СПО СМ-1800.

Система «Экономика» включает в себя несколько подсистем с функциями, аналогичными ППП «Текст» и «ПД» и может использоваться на комплексе СМ-1800 такого же состава, однако применима и для многотерминальных комплексов (до 4 алфавитно-цифровых дисплеев и НГМД).

БСП 1800 состоит из ряда подпрограмм для выполнения арифметических действий над десятичными и действительными числами, вычисления элементарных функций, простейших статистических операций; ПИД-регуляторов и других. Подпрограммы могут вызываться на макроассемблере, ПЛ/М и ФОРТРАНе и предназначены для использования в прикладных программах для МОС РВ СМ-1800.

## Приложение

Приведем характеристики двух групп дополнительных модулей.

### НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Романов Ф. И., Шахнов В. А. **Конструктивные системы микроЭВМ.** — М.: Радио и связь, 1983, 8,5 л. (Б-ка конструктора радиоэлектронной аппаратуры), 45 к.

Рассмотрены конструктивные системы средств вычислительной техники и микроЭВМ, применяемых в СССР и за рубежом. Уделено внимание международной стандартизации конструкций. Освещены вопросы компоновки, монтажа и теплового режима. Приведены примеры конструктивно-технических решений микроЭВМ. Отмечено влияние применения микросхем повышенной степени интеграции на структуру конструктивной системы. Рассмотрены вопросы дизайна микроЭВМ.

К модулям связи с удаленными ЭВМ, терминалами и другими устройствами относятся модули:

- выхода на последовательный интерфейс (ИРПС) СМ-1800.7002;
- выхода на параллельный интерфейс (ИРПР) СМ-1800.7001;
- сопряжения с дисплеем СМ-1800.8503;
- сопряжения с модемом СМ-1800.8501;
- модем 600/19200.

Модуль ИРПС связывает микроЭВМ двумя двухпроводными линиями (до 500 м) с удаленными терминалами в дуплексном режиме по асинхронному последовательному интерфейсу («токовая петля») с регулируемой скоростью передачи данных (от 50 до 9600 бод).

Модуль ИРПР подключает к микроЭВМ на расстоянии до 15 м видеотерминал типа ВТА-2000—30, печатающее устройство DZM-180 или DARO-1156, перфоленточную станцию СМ-6204.

У модуля сопряжения с дисплеем характеристики те же, что и у модуля ИРПС, однако он работает с терминалами, использующими и интерфейс «токовая петля», и двухполярный токовый интерфейс (например, дисплей ЕС 7168).

Модуль сопряжения с синхронным и асинхронным модемом предназначен для выхода на стык С2 и работы в асинхронном и синхронном режимах со скоростью передачи данных от 50 до 19200 бод.

Модем 600/19200 предназначен для работы с синхронным или асинхронным каналом связи и передачи данных на расстояние от 3 км (при 19200 бод) до 30 км (при 600 бод). Он подключается к системной магистрали СМ-1800.

К модулям УСО относятся модули:

- ввода дискретных сигналов СМ-1800.9301 (8 входных каналов) и СМ-1800.9302 (16 входных каналов);
- вывода дискретных сигналов СМ-1800.9303 (8 каналов) и СМ-1800.9701 (4 канала с коммутируемым током до 3 А);
- ввода аналоговых сигналов СМ-1800.9201 (16 каналов) и СМ-1800.9204 (32 канала);
- вывода аналоговых сигналов СМ-1800.9202 и ряд других модулей;
- ввода число-импульсных сигналов СМ-1800.9304 (2 канала).

Статья поступила 18 апреля 1984 г.

Ланцов А. Л., Зворыкин Л. Н., Осипов И. Ф. **Цифровые устройства на комбинаторных МДП интегральных микросхемах.** — М.: Радио и связь, 1983, 16 л., 1 р.

Рассматриваются структура, технология изготовления и основные параметры комбинаторных МДП интегральных микросхем (КМДП ИС). Приводятся нетрадиционные методы синтеза комбинационных схем, ориентированные на использование мультиплексоров и запоминающих устройств. Освещаются вопросы построения арифметических и аналого-цифровых устройств, устройств управления и особенности построения интерфейсных устройств на основе КМДП ИС. Даются рекомендации по применению таких ИС в составе радиоэлектронной аппаратуры.

Микроэлектроника и полупроводниковые приборы: Сб. статей. Вып. 8/Под ред. А. А. Васенкова, Я. А. Федотова. — М.: Радио и связь, 1983, 17 л., 1 р.

В сборнике публикуются статьи по следующим вопросам: физические основы микроэлектроники, микропроцессоры, интегральные, гибридные и пленочные микросхемы, основы технологии ИС, оптоэлектроника, новые направления микроэлектроники. Основная часть выпуска посвящена рассмотрению современных представлений и тенденций развития полупроводниковых запоминающих устройств, устройств памяти на цилиндрических магнитных доменах; результатам исследования свойств дискретных полупроводниковых приборов.

## ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ СВЕРХВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Переход от классических принципов организации вычислительных систем к новым принципам представляет собой концепцию синтеза многопроцессорных вычислительных систем сверхвысокой производительности с программируемой архитектурой, распределенной памятью, машинными языками высокого уровня и процессорами с программируемой структурой, реализующими макрооперации над потоками данных.

Необходимость создания многопроцессорных вычислительных систем возникает в тех случаях, когда требуется обеспечить исключительно высокие характеристики и эксплуатационные качества вычислительных устройств. Одним из наиболее распространенных требований, предъявляемых к вычислительным системам, является требование высокой, а в ряде случаев и сверхвысокой информационной производительности. Это требование часто возникает при использовании вычислительных систем для целей управления и цифрового моделирования, когда вычислительные системы должны работать с опережением реальных процессов в управляемом или моделируемом объекте и обеспечивать при этом высокую точность вычислений. Особенно остро эта проблема ставится, если необходимо управлять высокودинамичными, быстро функционирующими объектами, в которых процессы протекают в короткие промежутки времени и весьма чувствительны к точности управления.

Во многих случаях при работе вычислительных систем в реальном масштабе времени точность и скорость вычислений связаны обратно пропорциональной зависимостью, поэтому для того, чтобы обеспечить одновременно заданную точность и работу в реальном и тем более опережающем масштабе времени, вычислительные системы должны обладать очень высоким быстродействием.

Для задач, не требующих решения в реальном масштабе времени, но связанных с необходимостью переработки сверхбольших объемов информации в разумные интервалы времени (задачи вычислительно-го эксперимента, расчета систем с распределенными параметрами, сложные нелинейные нестационарные системы дифференциальных уравнений с частными производными и другие) также необходим переход от однопроцессорных ЭВМ с общей сосредоточенной памятью к мощным многопроцессорным суперсистемам с распределенной памятью, обеспечивающей параллельный обмен информацией одновременно со всеми процессорами.

Для обеспечения максимальной скорости вычислений и повышения производительности вычислительной системы необходимо как можно полнее использовать внутреннюю естественную параллельность, присущую большинству решаемых задач и моделируемых объектов. В классических однопроцессорных вычислительных системах естественные параллельные процессы и связи, существующие в решаемых задачах и моделируемых объектах, преобразуются в чисто последовательную, развернутую во времени процедуру переработки информации. В результате пространственные и структурные характеристики решаемой задачи или моделируемого объекта не находят адекватного отображения в структуре системы (адекватность сохраняется только в отношении логических и математичес-

ких зависимостей и свойств). Это резко снижает производительность, создает трудности в организации взаимодействия вычислительной системы с внешними объектами, сложности в программировании и трансформации.

Более естественным и эффективным является структурный метод организации вычислений, который обеспечивает адекватное отображение в вычислительной системе не только математических зависимостей и операторов решаемой задачи или моделируемого объекта, но и их внутренней структуры, внутренних связей между отдельными частями задачи или объекта.

Наряду с требованиями высокой производительности и широкого использования естественного параллелизма в структуре задач к современным вычислительным системам предъявляются высокие требования по обеспечению живучести и надежности. Чтобы обеспечить высокую живучесть вычислительной системы, необходима возможность взаимозаменяемости ее структурных частей и однотипность последних. Единственная реальная перспектива обеспечения живучести лежит на пути создания многопроцессорных вычислительных систем, позволяющих заменять вышедшие из строя процессоры, секторы памяти и другие элементы системы эквивалентными сохранившимися элементами, которые в процессе вычислений не загружены или выполняют менее ответственные функции и могут быть переключены на выполнение других задач без особого ущерба для дальнейшей работы системы. При этом, конечно, необходима эффективная система переключения процессоров, секторов памяти и других составных частей многопроцессорной системы.

Требуемая надежность вычислительной системы может быть обеспечена, а в необходимых случаях и повышена, за счет использования методов мажорирования, которые достаточно просто реализуются в многопроцессорных системах путем соответствующей организации каналов связи между параллельно работающими процессорами, секторами памяти и другими узлами. Существенное повышение надежности обеспечивается также за счет широкого использования при конструировании многопроцессорных вычислительных систем минимального числа типов БИС и СБИС и регулярности их соединений.

Важным является требование возможности наращивания аппаратных ресурсов вычислительной системы в процессе ее эксплуатации и расширение таким образом ее функциональных способностей. Многопроцессорные системы, состоящие из однотипных процессоров, секторов памяти, коммутационных и других элементов решают эту проблему. Технически наращивание аппаратных ресурсов осуществляется путем регулярного подключения к находящейся в эксплуатации многопроцессорной системе дополнительных БИС и СБИС процессоров, памяти и других элементов.

Главная проблема при синтезе многопроцессорных вычислительных систем — снижение затрат времени на обмен данными между параллельно работающими процессорами и на программные операции, необходимые для организации эффективного взаимодействия всех процессоров системы, участвующих в решении задачи. Другая проблема — повышение скорости обмена данными между процессорами системы и памятью и устранение очередей в процессе такого обмена.

Очень важно также создать предпосылки повышения информационной производительности каждого процессора многопроцессорной системы, т. е. увеличить его быстродействие за счет повышения тактовой частоты и организации параллельных вычислений с использованием машинного языка макроопераций.

Необходимо, наконец, синтезировать такую архитектуру многопроцессорной системы, которая обеспечила бы простоту программирования задач и трансляции с внешних языков высокого уровня на внутренний параллельный машинный язык, а также широкие возможности операционной системы, предназначенной для распределения заданий между параллельно работающими процессорами и управления их совместной деятельностью. По существу эта проблема сводится к организации в многопроцессорной системе мощной программируемой системы каналов связи и приближению внутренних машинных языков многопроцессорной системы к внешним языкам высокого уровня.

В последние десять-пятнадцать лет проведены широкие исследования и созданы высокопроизводительные многопроцессорные вычислительные системы, в той или иной мере отвечающие сформулированным требованиям. Эти системы, как правило, имеют жесткую архитектуру, в которой структура каналов связей между процессорами, процессорами и памятью при эксплуатации системы не изменяется.

Отличительной особенностью известных архитектур многопроцессорных вычислительных систем — магистральных, конвейерных, векторных, матричных, и иерархических и т. д. является то, что они позволяют получить максимальную производительность лишь для тех классов задач, внутренняя структура которых адекватна архитектуре системы. При переходе к другим классам задач существенно осложняется обмен информацией в процессе решения между параллельно работающими процессорами, падает скорость обмена и в результате значительно снижается производительность вычислительной системы в целом.

Помимо этого, неадекватность структуры задач и архитектуры многопроцессорных вычислительных систем приводит к сложному программированию, к трудностям распределения отдельных частей задач между параллельно работающими процессорами. Значительно осложняется согласование параллельно работающих процессоров и управление процедурой переработки информации.

Большие трудности решения этих проблем обусловлены рядом известных принципов, положенных в основу архитектуры классических однопроцессорных ЭВМ, которые часто без каких-либо изменений и достаточных оснований переносятся в архитектуру многопроцессорных систем. К ним относятся: жесткая архитектура системы; процедурная реализация задач; фон-Неймановский принцип потока управления; организация памяти, общей для всей системы; выполнение макроопераций в процессорах на основе последовательности элементарных операций; низкий уровень внутренних машинных языков; представление и обработка информации параллельными кодами; процедурный принцип организации обменов информацией между процессорами, а также между процессорами и памятью системы. Если эти принципы используются при синтезе многопроцессорных вычислительных систем, они в той или иной степени отрицательно влияют на их работу и приводят к снижению производительности.

Опыт разработки и эксплуатации многопроцессорных систем подсказывает, что для повышения их производительности во многих случаях целесообразно и даже необходимо отказаться от перечисленных классических принципов и перейти к новым принципам синтеза архитектуры многопроцессорных систем.

От использования жесткой архитектуры следует перейти к программируемой архитектуре многопроцес-

сорной вычислительной системы; способ процедурной реализации задач в вычислительной системе заменить способом структурной реализации, структурного моделирования. Важен переход от фон-Неймановского принципа потока управления к принципу потока данных. Существенное значение имеет переход от организации сосредоточенной общей для всей вычислительной системы памяти к распределенной памяти, обеспечивающей прямой параллельный доступ для всех процессоров системы. Очень важным является отказ от процедурного принципа выполнения макроопераций в процессорах системы в виде последовательности элементарных команд и переход к аппаратному, структурному принципу реализации макроопераций за счет соответствующей настройки внутренней коммутации процессоров.

Необходимо, далее, сделать решительный шаг и перейти от использования внутренних машинных языков низкого уровня, строящихся на основе набора простейших элементарных операций, к языкам высокого уровня, основанным на универсальном наборе макроопераций, реализуемых аппаратным путем. В некоторых случаях может оказаться полезным отказ от представления и обработки информации в виде параллельных кодов и переход к представлению и обработке информации в последовательных кодах.

Наконец, важное значение имеет замена процедурного принципа организации обменов данными между процессорами, а также между процессорами и памятью системы, принципом программирования в мощной коммутационной системе прямых каналов связи, обеспечивающих непосредственный обмен данными между перчисленными узлами. Переход от классических принципов синтеза вычислительных систем к рассмотренным новым принципам представляет собой в совокупности новую концепцию многопроцессорных вычислительных систем с программируемой архитектурой.

Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой существенно отличаются от многопроцессорных систем с жесткой архитектурой своей высокой производительностью, простотой организации вычислительных процессов, наглядностью и гибкостью программирования, простотой трансляторов, высокой живучестью и надежностью, возможностью разделения аппаратных ресурсов между потребителями и способностью организации виртуальных многопроцессорных систем. Такие системы должны иметь мощную универсальную коммутационную структуру (КС), которая позволит образовывать путем программирования любые прямые каналы связи между входами и выходами процессоров, входящих в систему, между процессорами и распределенной памятью, а также между отдельными секторами памяти (рис. 1). Универсальная

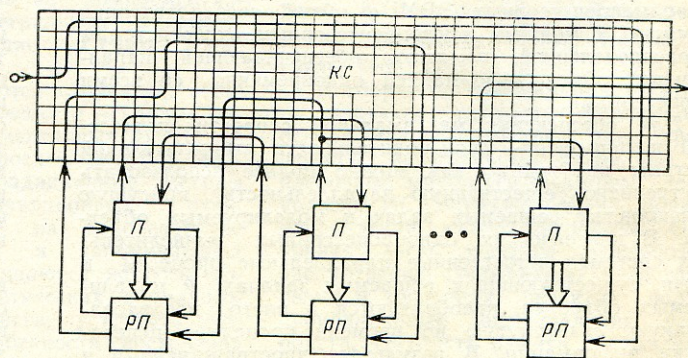


Рис. 1. Универсальная коммутационная структура: П — процессор; РП — распределенная память

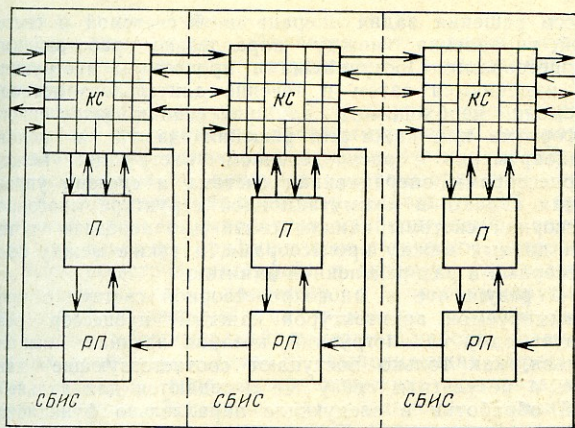


Рис. 2. Структура многопроцессорной вычислительной системы с программируемой архитектурой

коммутационная структура дает возможность запрограммировать при решении любой задачи такую систему каналов связи между процессорами многопроцессорной системы, которая будет адекватна внутренней структуре решаемой задачи.

Программирование прямых каналов связи обеспечивает наилучшее распараллеливание вычислительного процесса, высокую скорость обмена данными между процессорами и линейный рост производительности системы в зависимости от числа задействованных в решении задачи процессоров, что не удастся обеспечить в многопроцессорных системах с жесткой архитектурой.

Конструктивно многопроцессорная вычислительная система с программируемой архитектурой может быть выполнена в модульной форме (рис. 2) и состоять из СБИС, каждая из которых включает процессор, сектор распределенной памяти и локальную коммутационную структуру. Внутренние каналы связи СБИС организуются так, чтобы процессор имел прямой доступ к распределенной памяти и к коммутационной структуре, а распределенная память была бы связана прямым каналом связи с коммутационной структурой. Такие СБИС соединяются регулярно при помощи жестких каналов между ближайшими локальными коммутационными структурами, в результате чего образуется общая программируемая коммутационная структура и многопроцессорная система с программируемой архитектурой в целом.

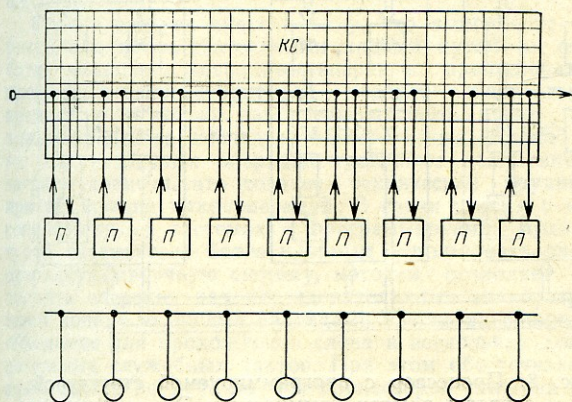


Рис. 3. Структура многопроцессорной системы с магистральной архитектурой

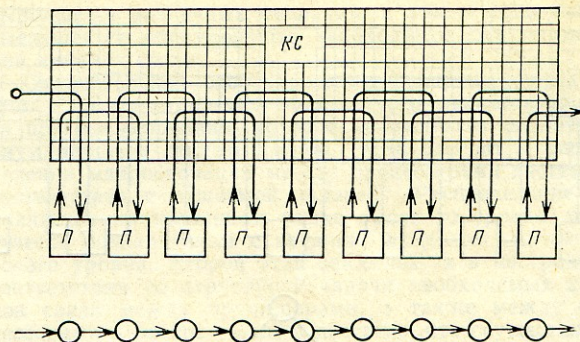


Рис. 4. Структура многопроцессорной системы с конвейерной архитектурой

Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой дают возможность образовывать виртуальные многопроцессорные системы других классов. В частности, в такой системе может быть легко запрограммирована любая известная жесткая многопроцессорная система: магистральная (рис. 3), конвейерная (рис. 4), матричная (рис. 5), иерархическая (рис. 6). Это соответствует программированию виртуальных машин в однопроцессорных ЭВМ, однако в многопроцессорной системе с программируемой архитектурой виртуальная вычислительная система реализуется аппаратно, структурно, а не процедурно.

Таким образом, мощная программируемая коммутационная структура обеспечивает быструю перестройку многопроцессорной системы на любую архитектуру, как известную, так и такую, которая может быть предложена в дальнейшем. В настоящее время созданы большие интегральные схемы коммутаторов (БИСК) со значительным числом входов и выходов, которые позволяют программировать соединение любого входа БИСК с любой группой выходов. Из подобных БИСК могут быть образованы весьма мощные коммутационные структуры с сотнями и даже тысячами входов и выходов, которые обеспечивают возможность программирования, настройки и перестройки сотен и тысяч каналов связи в процессе работы многопроцессорной системы.

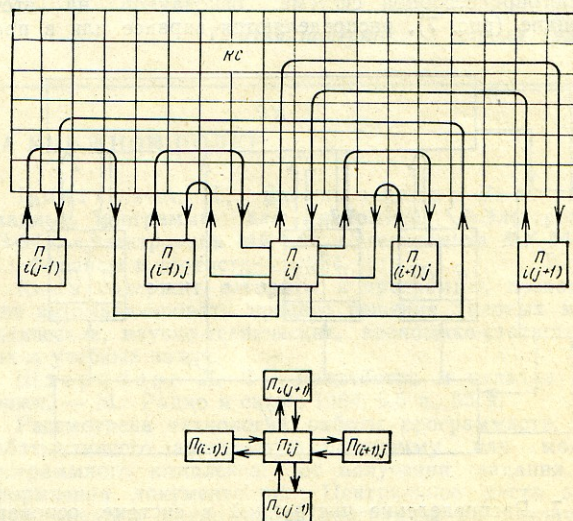


Рис. 5. Структура многопроцессорной системы с матричной архитектурой

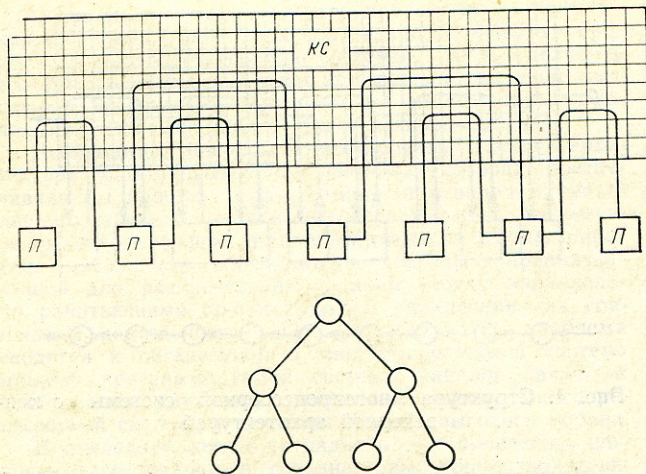


Рис. 6. Структура многопроцессорной системы с иерархической архитектурой

Основу организации вычислительных процессов в многопроцессорных системах с программируемой архитектурой составляет принцип потока данных. Как известно, господствующий в настоящее время при разработке и синтезе ЭВМ и даже большинства многопроцессорных систем фон-Неймановский принцип потока управления заключается в том, что программой задается поток инструкций, под воздействием которого системой управления в процессоре организуется процедура обработки данных. Поток инструкций циркулирует в соответствии с программой между сосредоточенной памятью, системой управления и процессором. Каждая инструкция (команда) потока определяет необходимые данные, которые должны быть извлечены из памяти, операцию, выполняемую над ними, адрес памяти, куда направляется результат и очередную инструкцию потока управления.

Принцип потока данных, используемый при синтезе многопроцессорных систем с программируемой архитектурой, состоит в том, что к каждому процессору многопроцессорной системы подводится поток данных, под воздействием которого процессор настраивается на необходимые операции и затем эти операции выполняются над поступившими данными. Инструкции в многопроцессорной системе, основанной на этом принципе (рис. 7), распределяются заранее или в процессе

решения задач операционной системой и системой управления между параллельно работающими процессорами. Поступившие в процессоры инструкции не изменяются затем в течение длительного периода времени, необходимого для реализации законченного алгоритма или даже для решения задачи в целом. Одновременно с распределением инструкций между процессорами операционная система и система управления задают в коммутационной структуре многопроцессорной системы каналы связи для передачи потоков данных между процессорами, а также между процессорами и распределенной памятью.

В результате в многопроцессорной системе с программируемой архитектурой каждый процессор реализует одну из инструкций, которая начинает выполняться, как только поступают соответствующие данные, а результаты сразу же передаются для дальнейшей обработки в следующие параллельно функционирующие процессоры. Таким образом, каждый процессор обрабатывает определенный поток данных, используя для этого одну длительно действующую инструкцию и выполняя соответствующую ей операцию. Отличительной особенностью такого подхода является безадресная работа с данными и использование раздельных каналов связи для передачи данных и обмена инструкциями.

При разработке многопроцессорных систем с программируемой архитектурой за основу принят принцип организации распределенной памяти, к которой все процессоры системы могут обращаться параллельно без очередей. Мощная коммутационная структура обеспечивает возможность образования прямых каналов связи для перекачки информации из одного сектора памяти в другой и обмена данными между каждым процессором и любым сектором распределенной памяти. Однако полностью исключить из многопроцессорной системы с программируемой архитектурой общую сосредоточенную память нецелесообразно. Ее удобно использовать в сочетании с распределенной памятью для хранения редко используемой в процессорах информации и извлекать последнюю по мере необходимости, образуя для этого в программируемой коммутационной структуре временные прямые каналы связи (см. рис. 7).

В многопроцессорных системах с программируемой архитектурой используется аппаратный принцип реализации макроопераций, при котором программируется не процедура последовательности простейших команд и соответствующих им операций, как это делается в

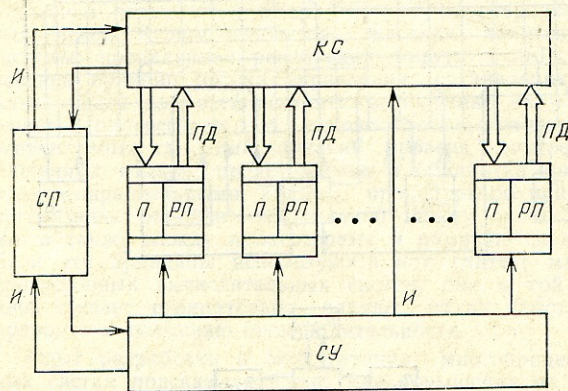


Рис. 7. Распределение инструкций в системе, основанной на принципе потока данных:  
СУ — система управления; ПД — поток данных; СП — сосредоточенная память; И — инструкции

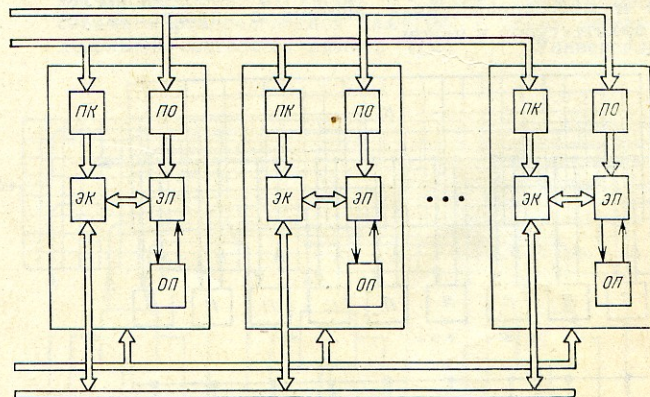


Рис. 8. Процессор с программируемой структурой:  
ПК — секторы памяти коммутации; ЭК — элементарный коммутатор; ОП — секторы оперативной памяти; ЭП — элементарный процессор; ПО — секторы памяти операций

обычных классических процессорах, а внутренняя структура процессора. Решается эта задача путем введения в процессор внутренней коммутационной структуры.

Организация внутренней структуры процессоров, основанных на принципе программирования аппаратуры, значительно отличается от классических процессоров, основанных на принципе программирования процедуры. Классический процессор, использующий процедурный принцип выполнения макроопераций, содержит как известно, арифметическо-логическое устройство, блок регистров, интерфейс и систему управления. В отличие от него, процессор с программируемой структурой, основанный на принципе аппаратурной реализации макроопераций, содержит наборы элементарных процессоров (рис. 8), выполняющих простейшие операции типа арифметических; элементарных коммутаторов, обеспечивающих соединение элементарных процессоров в схему, реализующую крупную операцию (макрооперацию); секторов памяти операций, обеспечивающих настройку на соответствующие элементарные операции; секторов памяти коммутаций, определяющих настройку элементарных коммутаторов на образование каналов связи, которые формируют из элементарных процессоров схему, осуществляющую необходимую макрооперацию; секторов оперативной памяти, предназначенных для хранения обрабатываемых данных. Программирование макроопераций в таком процессоре осуществляется настройкой элементарных процессоров на элементарные операции с помощью памяти операций и последующего программирования необходимых каналов связи между элементарными процессорами за счет настройки элементарных коммутаторов при помощи памяти коммутаций.

Процессоры с программируемой структурой не только решают задачу аппаратурной реализации макроопераций и их структурного программирования, но одновременно создают основу для перехода от внутренних машинных языков низкого уровня к машинным языкам высокого уровня, которые приближаются к внешним языкам высокого уровня и тем самым упрощают трансляцию и программирование.

Использование в многопроцессорных системах с программируемой архитектурой мощных коммутационных систем и процессоров с программируемой структурой, основанных на принципе аппаратурной реализации макроопераций, приводит к необходимости перехода от параллельных кодов, широко используемых в классических ЭВМ для представления, передачи и обработки информации, к последовательным кодам, позволяющим значительно уменьшить число необходимых коммутационных элементов и настраиваемых каналов связи в коммутационных системах и упростить структуру процессоров.

Однако следует иметь в виду, что выполнение операций над последовательными кодами путем их обработки младшими разрядами вперед в процессорах с программируемой архитектурой требует значительного времени, в несколько раз превышающего время прохождения одного последовательного слова. Кроме этого, для различных операций требуются неодинаковые затраты времени, что создает технические трудности при реализации макроопераций. В связи с этим в многопроцессорных системах с программируемой архитектурой оказывается более удобным использовать знакоразрядную двоичную систему, которая позволяет выполнять операции над последовательными знакоразрядными кодами старшими разрядами вперед за время, необходимое для прохождения слова и нескольких дополнительных служебных тактов. При этом обеспечивается возможность по мере выдачи процессором старших разрядов результата сразу же использовать их в других процессорах, не ожидая появления младших разрядов. В результате снижается время на реализацию макроопераций и стандартизируется время, необходимое для

выполнения различных операций, а также существенно уменьшается оборудование, необходимое для организации каналов связи.

Отличительной особенностью многопроцессорных систем с программируемой архитектурой является простота программирования, которое по существу сводится к двум простым этапам. Первый этап состоит в распределении макроопераций между процессорами системы в соответствии с решаемой задачей. Распределение выполняется на машинном языке высокого уровня, практически совпадающим с внешним входным языком высокого уровня. Второй этап заключается в настройке в соответствии со структурой задачи необходимых каналов связи между процессорами, а также между процессорами и распределенной памятью, что осуществляется программированием коммутационной структуры многопроцессорной системы. После этого многопроцессорная система работает в автоматическом режиме, в течение которого в нее вводится и перерабатывается необходимая информация и выдаются результаты вычислений. Перепрограммирование структуры процессоров и коммутации системы производится только при переходе от одной задачи к другой.

Следует отметить такую функциональную возможность многопроцессорной системы с программируемой архитектурой, как работа со многими потребителями путем распределения между ними аппаратурных ресурсов системы, осуществляемого соответствующей настройкой коммутационной структуры. Здесь имеется принципиальное отличие от однопроцессорных ЭВМ и от многопроцессорных систем с жесткой архитектурой, в которых при работе с многими потребителями осуществляется разделение времени, а не аппаратурных ресурсов.

Вследствие однотипности процессоров, однородности распределенной памяти и коммутационной структуры многопроцессорные системы с программируемой архитектурой отличаются высокой технологичностью и ремонтоспособностью, а также способностью к наращиванию аппаратурных ресурсов. Все структурные элементы этих систем могут быть изготовлены в виде БИС или СБИС, причем число типов необходимых БИС и СБИС невелико. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой обладают высокой живучестью и надежностью — они продолжают эффективно работать при выходе из строя даже значительной части входящих в систему микропроцессоров, секторов распределенной памяти или локальных элементов коммутационной структуры.

*Статья поступила 2 апреля 1984 г.*

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Цветков А. Н., Епанечников В. А. **Прикладные программы для микроЭВМ «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-56», «Электроника МК-54».** — М.: Финансы и статистика, 1984.

Книга содержит алгоритм и программы, позволяющие автоматизировать процесс решения типовых математических, научно-технических, экономико-статистических и учебных задач.

Штернберг Л. Ф. **Разработка и отладка программ.** — М.: Радио и связь, 1984, 6,5 л., 35 к.

Рассмотрена технология работы программиста, разрабатывающего автономную программу или модуль программного комплекса: от получения задания до оформления документации. Центральное место занимают вопросы оптимизации программ по различным параметрам (скорости, памяти и т. д.) и практические приемы отладки программ, которые мало освещены в литературе. Изложение иллюстрируется примерами.

В. С. Борисов, А. П. Горяшко

## МЕТОДЫ ВСТРОЕННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Разработка структурных методов встроенного тестового и функционального диагностирования, ориентированных на увеличение среднего времени наработки на отказ, обнаружение и исправление ошибок, уменьшение времени восстановления отказавшего устройства, становится необходимым этапом создания перспективных микропроцессорных средств вычислительной техники.

В программах по развитию микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ) заметная роль отводится проблемам проведения контроля и испытаний БИС и СБИС при их разработке, производстве и внедрении в микропроцессорные системы. Показательно также внимание, которое уделяется этим вопросам в рамках программы по созданию сверхбыстродействующих ИС [1—3].

Резко возросшая функциональная сложность БИС приводит к чрезвычайному увеличению трудоемкости получения адекватной математической модели ИС, описывающей возможные неисправности, предъявляет очень высокие требования к времени контроля при традиционных алгоритмах тестового контроля, даже для регулярных структур типа ОЗУ, делает практически неосуществимыми испытания на рабочих частотах.

Необходимость разработки принципиально новых методов диагностирования на этапе эксплуатации МСВТ обусловлена стремлением обеспечить высокие показатели времени восстановления и коэффициента готовности различных вычислительных и управляющих систем. Согласно полученным данным около 80% времени, затрачиваемого на ремонт сложных АСУ, уходит на поиск неисправностей. На уменьшение этого времени нацелены методы функционального и тестового диагностирования\*.

**Система тестового диагностирования** (тестового контроля) предназначена для выработки и подачи на объект диагностирования специальных тестовых воздействий. По ответам от объекта система должна принять решение о его исправности и, возможно, указать местонахождение неисправного элемента.

**Система функционального диагностирования** (аппаратный или схемный контроль) не генерирует специальных тестовых воздействий, но принимает решение об исправности объекта диагностирования непосредственно в процессе его функционирования, используя избыточность, присущую реализуемому устройством алгоритму или выходным значениям. Процедуры контроля, которым подвергается БИС после изготовления, установки на плату, включения платы в устройство, и основные способы их реализации показаны на рис. 1.

Рассмотрение методов тестового диагностирования (ТД) требует изучения способов синтеза тестовой ин-

формации. Результаты оценки комбинаторной сложности, полученные в последние годы, показали, что большинство задач синтеза тестов для произвольных схем является *NP*-полными задачами, а возможности качественного решения подобных задач весьма ограничены.

**Структурные методы тестового диагностирования.** Основное внимание в разработке этих методов уделяется выбору такой структуры диагностируемого устройства, которая существенно облегчает задачу ТД, т. е. уменьшает не только длину теста при заданной полноте обнаружения неисправностей, но и трудоемкость его получения. Идеальная ситуация предполагает возможность использования стандартного теста, получение которого вообще не требует знания структуры диагностируемого устройства.

Структурные методы ТД могут носить «глобальный» характер. В этом случае синтез автомата (схемы) ориентирован только на оптимальное решение задачи ТД. При таком подходе и определенных предположениях о классах неисправностей возможно построение схем с минимальной трудоемкостью тестирования [4]. Однако требуемая при этом большая структурная избыточность делает применение глобальных методов на данном этапе развития интегральной технологии проблематичным. Более целесообразным представляется использование «локальных» структурных методов, заключающее в себе попытку при относительно небольшой (10—25%) структурной избыточности существенно уменьшить трудоемкость тестирования. В зависимости от величины избыточности можно говорить о двух основных направлениях развития структурных методов: избыточность, позволяющая сделать схему более «прозрачной» в тестовом режиме и организовать режим самотестирования. Выбор направления практически однозначно определяется сложностью исходной схемы: для более сложных БИС целесообразно обеспечивать режим самотестирования.

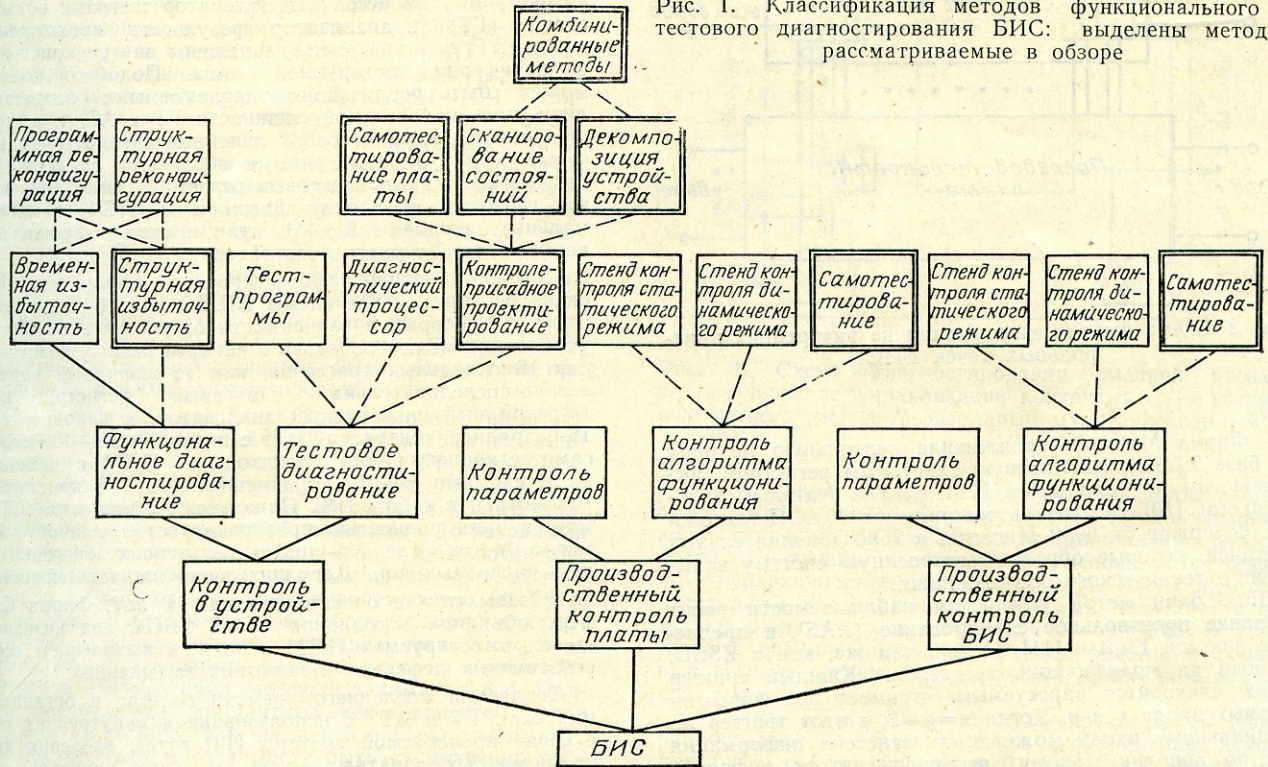
Рассмотрим конкретные схемотехнические решения, идя снизу вверх, от уровня отдельных кристаллов до уровня устройств.

**Уровень кристаллов.** Микропроцессоры (однокристалльные и секционные) имеют сложную схему и обладают значительными функциональными возможностями. Поэтому понятен интерес, проявляемый к ним как объектам применения структурных методов ТД. Большинство теоретических работ этого плана относится к секционным МП, являющимся реализацией формальной модели теории автоматов — одномерной итеративной решетки. Общие методы модификации итеративных решеток [5] позволяют применительно к конкретным типам МП указать рациональные способы введения избыточности. Показано, что реализуя в АЛУ каждой секции МП 2901 одну дополнительную функцию и добавляя схему контроля четности, на которую поступают выходные значения этой функции от каждой секции, можно существенно уменьшить длину обнаруживающего теста, и обеспечить ее независимость от числа секций МП.

Более детально изучены возможности модификации однокристалльных МП. В работе [6] содержатся сведе-

\* Используется терминология, утвержденная ГОСТ 20911-75 «Техническая диагностика. Основные термины и определения» и ГОСТ 23563-79 «Контролепригодность объектов диагностирования». Рядом с гостированными приводятся термины, укоренившиеся среди разработчиков.

Рис. 1. Классификация методов функционального и тестового диагностирования БИС: выделены методы, рассматриваемые в обзоре



ния о сокращении длительности производственных испытаний 16-разрядных МП 68000 фирмы Motorola за счет встраивания в схему МП дополнительных схем, которые в режиме тестирования осуществляют декомпозицию схемы МП, прежде всего, путем отделения управляющей части кристалла от операционной. Утверждается, что ценой всего лишь двухпроцентного увеличения площади кристалла удалось сократить длительность производственных испытаний одного МП от нескольких минут до нескольких секунд.

Гораздо полнее вопрос диагностической модификации однокристалльного МП рассмотрен применительно к некоторой модели 8-разрядного МП [7]. Основная идея модификации состоит в том, чтобы в тестовом режиме сделать доступным для непосредственного наблюдения на внешних контактах как можно большую часть регистров МП и логики устройства управления. Для реализации этой идеи предложена структура, обеспечивающая в тестовом режиме запись (и чтение) во все регистры без выполнения команд МП. Кроме того, предусмотрена возможность наблюдения в тестовом режиме за прохождением каждой микрокоманды, благодаря реализации двухуровневой памяти микрокоманд. Стоимость подобной структурной модификации, включающей дополнительные тристабильные элементы, буферный регистр, декодер, набор триггеров и два дополнительных контакта для выбора тестового режима, не превышает 10% стоимости основной схемы МП. Такое структурное решение дает возможность относительно просто составить тест-программу, обеспечивающую обнаружение не менее 95% неисправностей типа одиночных констант в схеме МП.

Достижения интегральной технологии позволяют реализовать в виде заказной СВИС или СВИС на базе вентиляционной матрицы схемы, размещаемые не так давно на плате. В этих случаях на кристалле содержится сложная и функционально не законченная схема, для которой разработка качественной тест-программы — дело крайне нелегкое, если не безнадежное. Такая ситуация вынудила специалистов по ТД совместно с сис-

темотехниками искать способы проектирования, улучшающие «наблюдаемость» схем. Одна из наиболее известных попыток подобного рода — метод «сквозного сдвигового регистра» (ZSSD), предложенный впервые в работе [8]. Фирма IBM применила этот метод в экспериментальной «System 38», выполненной на заказных БИС, содержащих примерно 800 вентилях. Метод предполагает, что в системе все элементы памяти, за исключением оперативной, построены как 2-разрядные сдвиговые регистры, выполненные на двух триггерах-зашелках  $z_1$  и  $z_2$ . Триггер  $z_1$  предназначен как для работы в системе, так и для проверки, а триггер  $z_2$  нужен только для того, чтобы облегчить процесс тестового диагностирования. Триггер  $z_2$  имеет единственный информационный вход, подключенный к выходу триггера  $z_1$  и один синхроввод, служащий для переписи содержимого в  $z_2$ . Чтобы объединить такие пары триггеров в единый сдвиговый регистр большой длины, выход триггера  $z_2$  первого каскада соединяют со специальным входом тест-информации (ВТИ) триггера  $z_1$  второго каскада, и так далее до последней пары.

В процессе диагностирования через специальный вход ВТИ устанавливается начальное состояние регистра, а затем входные наборы поступают на комбинационные схемы через входные контакты. Сигналы на выходе комбинационных схем запоминаются в сдвиговом регистре. Содержимое регистра может быть считано на выходе. Отсюда, ТД любой схемы, построенной подобным образом, оказывается немногим сложнее диагностирования суммы отдельных комбинационных схем. Схемная избыточность метода ZSSD составляет примерно 20%.

Наблюдаемость схемы может быть улучшена и без модификации триггерных элементов за счет вывода информации из заранее выбранных контрольных точек в сдвиговый регистр, размещенный вне путей прохождения данных системы (рис. 2). Этот подход был реализован фирмой Sperry-Univac под названием Scan-Set [9]. Данные выводились на 64-разрядный сдвиговый регистр, из которого могли быть последовательно счита-

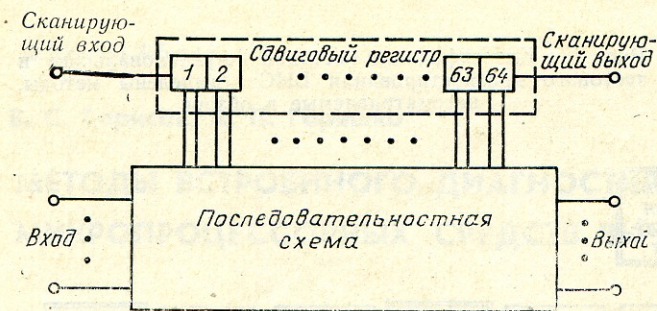


Рис. 2. Схема вывода информации из внутренних контрольных точек БИС

ны. Фирма Motorola предложила вентиляную матрицу на базе ГТЛШ, снабженную сдвиговым регистром, выполненным по технологии И<sup>2</sup>Л. Фирма National Semiconductor [10] изготовила матрицу по КМОП-технологии, содержащую 6000 основных и 2500 дополнительных вентилях, которые образуют встроенную систему испытаний и технического обслуживания.

Еще один метод улучшения наблюдаемости носит название произвольное сканирование (RAS) и предложен фирмой Fujitsu [11]. Метод, так же, как и ZSSD, основан на модификации триггеров. Каждый триггер схемы становится адресуемым и имеет два дополнительных входа  $x$  и  $y$ . Когда  $x=y=1$ , в этот триггер по специальному входу может быть занесена информация или по дополнительному выходу — считана информация. Адресуемые триггеры позволяют представить произвольную последовательностную схему в виде, показанном на рис. 3. По задаваемому извне адресу любой из триггеров схемы может быть установлен в желаемое состояние. Выходные значения считываются на дополнительных выходах триггеров или на выходе комбинационной схемы. Метод RAS требует трех-четырех дополнительных вентилях на каждый элемент памяти и дополнительных схем адресации.

Возросший уровень сложности схем произвольной логики, размещаемых на кристалле, делает целесообразным осуществление метода самотестирования кристалла. Самотестирование предполагает максимальную

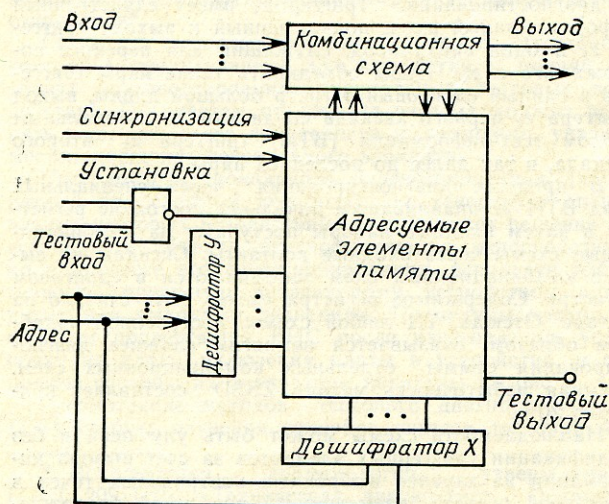


Рис. 3. Схема организации адресных триггеров для контроля состояния БИС

автономность процесса ТД: генератор тестовых воздействий (ГТ) и анализатор результата прохождения теста (АТ) должны быть размещены внутри кристалла по периферии тестируемой схемы. Подобный подход может быть реализован с приемлемыми затратами лишь при минимальной сложности ГТ и АТ, т. е. когда они представляют собой линейные автоматы — сдвиговые регистры с линейными обратными связями. Из таких  $n$ -разрядных сдвиговых регистров легко получить как генератор псевдослучайных чисел (ПСЧ) с максимальным периодом  $2^n - 1$ , так и схему хорошо известного сигнатурного анализатора.

Для организации самотестирования весьма удобным оказалось применение схемы BILBO [12] 16-разрядного регистра, который в зависимости от сигналов внешнего управления может работать в четырех разных режимах: как 16 отдельных триггеров, как 16-разрядный параллельно-последовательный сдвиговый регистр, как 16-разрядный сигнатурный анализатор, и наконец, как 16-разрядный генератор ПСЧ с периодом  $2^{16} - 1$ . Режим самотестирования для произвольной ПЛМ с несколькими схемами BILBO, размещенными на кристалле, рассмотрен в работе [13]. Показано, что при этом ПЛМ может быть полностью проверена тестом длиной примерно  $N + m$ , где  $N$  — число внутренних конъюнкций,  $m$  — число выходов. Дополнительная площадь кристалла в этом случае оценивается как  $\sqrt{mN}$ . Фирма Сименс объявила о создании новой СБИС под названием «самотестируемая ПЛМ с полным выявлением всех собственных дефектов и коротких замыканий».

Тенденции последнего времени состоят в организации схем ГТ и АТ с использованием «внутренних ресурсов» проверяемой системы [14] путем введения дополнительных обратных связей в схему проверяемого кристалла в режиме диагностирования, когда обеспечивается передача результатов одного цикла проверки с выхода схемы на ее вход (кольцевая проверка). При этом, кроме введения дополнительных обратных связей, необходимы схемы, осуществляющие мультиплексирование сигналов на входе проверяемой схемы для выбора рабочего или диагностического режима. Метод кольцевого диагностирования накладывает определенные ограничения на число запоминающих элементов, необходимых для хранения исходных данных в начале режима диагностирования и хранения всех результатов в конце режима. Если триггеров в проверяемой системе недостаточно для реализации этих функций, необходимо вводить дополнительные, функционирующие только в режиме диагностирования.

Способ ТД, основанный на сочетании метода ZSSD и схем ГТ и АТ, описан в работе [15]. Предложена организация четырех режимов самотестирования, один из которых полностью совпадает с режимом сканирования состояний по методу ZSSD. Во втором и третьем режимах проверяются внешние выходы кристалла, т. е. информация от внешних входов передается непосредственно на выход, минуя схему. Наконец, в четвертом режиме из триггеров схемы образуется сдвиговый регистр, играющий роль генератора ПСЧ, а результаты анализируются в 8-разрядном сигнатурном регистре.

Можно заключить, что относительные затраты на организацию режима самотестирования падают с ростом сложности кристалла. По-видимому, полужаказные схемы на базе вентилях матриц, содержащих 2000 и более вентилях, являются наиболее подходящим объектом для организации методов самотестирования.

Уровень плат. Большинство подходов, рассмотренных для уровня кристалла, применимо и на уровне схемных плат. Однако, большая функциональная сложность платы и, особенно, функциональная законченность многих типов плат, представляющих собой, например, микроЭВМ, платы ОЗУ, ППЗУ, процессорные платы, делает наиболее рациональным применение методов самотестирования.

х воздей-  
хождения  
кристалла  
й подход  
натратами  
т. е. ког-  
— сдви-  
зьями. Из  
получить  
с макс-  
рошо из-

удобным  
зрядного  
внешнего  
режимах:  
й паралл-  
р, как  
нец, как  
Режим  
несколько  
кристалле,  
ом ПЛМ  
ной при-  
юнкций,  
кристалл-  
рма Си-  
названи-  
ем всех

организа-  
ции ре-  
ния до-  
ряемого  
беспечи-  
верки с  
а). При  
связей,  
сирован-  
выбора  
ом ПЛМ  
кольные  
неогнебо-  
е режи-  
матов в  
системе  
обходи-  
только

ZSSD  
ена ор-  
дин из  
ования  
режи-  
е. ни-  
средств-  
вертом  
ый ре-  
льгаты  
гистре.  
ты на  
с рос-  
казные  
2000 и  
объек-

рас-  
и на  
ональ-  
ая за-  
их со-  
роцес-  
имене-

Для одноплатных микроЭВМ процесс самотестирования целесообразно организовать как аппаратно-программный, т. е. с применением схем ГТ и АТ, а также тест-программ, хранящихся в ПЗУ. В качестве ГТ и АТ используются 8-разрядные генераторы ПСЧ и сигнатурный анализатор, а тест-программа имеет объем 700 байт и размещается в ППЗУ [16]. Процесс самотестирования начинается с генерации теста ядра. При этом выполняется несколько микрокоманд на специально выбранных операндах. Затем выполняется тест встроенных аппаратных средств самотестирования, тест ПЗУ, тест ОЗУ и т. д. Полнота обнаружения неисправностей (типа константных неисправностей в узлах схемы) и разрешающая способность предлагаемых тест-процедур зависит от конкретной схемотехнической реализации метода. По данным работы [16], около 75% искусственно введенных ошибок было обнаружено при реализации режима самотестирования.

Для многоплатной микроЭВМ может оказаться предпочтительной чисто схемная организация самотестирования [17]. В процессорной плате ГТ реализован в виде комбинаций 16-разрядного генератора ПСЧ и детерминированной программы объемом 256 байт, хранящейся в ПЗУ; схема АТ содержит 16-разрядный сигнатурный регистр, мультиплексор, подключающий сигнатурный анализатор к каждой из 48 контрольных точек, и ПЗУ эталонных сигнатур емкостью 96 байт. Объем такого дополнительного оборудования для организации процесса самотестирования составляет примерно 18% от основного, размещенного на процессорной плате. Полный цикл проверки занимает 0,8 с. Полнота обнаружения константных неисправностей узлов схемы от 70 до 80%. Так же, как и в предыдущем случае, возможности метода могут быть существенно расширены, если основная схема, размещаемая на плате, проектируется с учетом требований самотестирования.

Уровень модульного устройства. Процесс ТД цифрового устройства, конструктивно реализованного по модульному принципу, может быть организован при помощи специальных тест-программ, ориентированных на обнаружение неисправности обычно, с точностью до группы сменных элементов: с применением диагностического процессора, снабженного соответствующими тест-программами при шинной организации системы; методом контролепригодного проектирования устройства, т. е. с использованием диагностической модификации структуры.

Метод контролепригодного проектирования на практике может быть реализован тремя способами (см. рис. 1):

— сканирование состояний дает возможность осуществить поиск неисправности с точностью до кристалла. Если неисправность определяется с точностью до сменного элемента, то затраты растут пропорционально числу  $N$  сменных элементов в системе. А затраты на тестирование стандартными методами с той же разрешающей способностью растут как  $2^{SN}$ , где  $S$  — число элементов памяти в сменном элементе;

— декомпозиция устройства — разделение системы в режиме диагностирования на детальные подсистемы и проверка каждой подсистемы в отдельности [18]. В качестве подсистемы можно выбрать сменную ячейку (рис. 4). Предполагается, что в режиме ТД все ячейки могут быть функционально разъединены, например, с помощью тристабильных элементов;

— комбинированные способы рационально сочетают достоинства сканирования состояний и декомпозиции, например способ, получивший название сканирования пути (SP), предложенный фирмой Nippon Electric. Он предполагает модификацию триггерных элементов, в результате чего оказывается возможной модификация сменной ячейки. Примером может служить многопроцессорная система TZF 700 System, содержащая 10<sup>5</sup> ячеек.

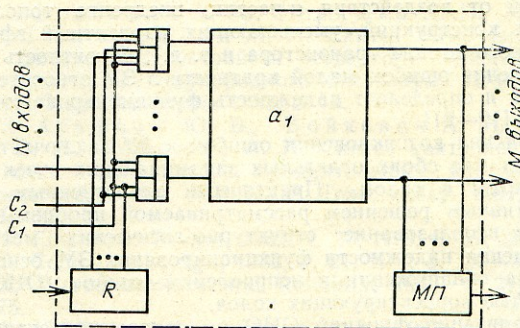


Рис. 4. Схема диагностирования сменной ячейки:  $C_1, C_2$  — внешние управляющие контакты;  $N$  — разрядный регистр (R) и  $M$ -разрядный мультиплексор (МП)

Структурные методы ТД для системы должны быть применимы на любом конструктивном уровне (свойство регулярности) и учитывать принципиальные особенности того уровня, на котором они используются (свойство иерархичности). Например, метод ZSSD является регулярным и иерархическим, так как позволяет с помощью одного и того же приема — модификации триггеров и объединения их в тестовом режиме в сдвиговый регистр организовать проверку кристаллов плат и системы в целом.

Режимы ТД на уровне системы представляют собой рациональное сочетание методов сканирования, декомпозиции и самотестирования. В режиме самотестирования проверяются в динамике отдельные кристаллы, а в режиме декомпозиции только соединения между кристаллами с помощью небольшого числа тест-кодов [15], затем в режиме сканирования проверяется плата (сменные элементы) и система в целом. Для организации автоматического поиска неисправности может потребоваться дополнительный диагностический процессор. Реализация структурных методов ТД на уровне устройства в целом — задача, охватывающая как системное, так и схемотехническое проектирование.

Структурные методы функционального диагностирования. Методы функционального диагностирования (ФД) в сочетании с методами ТД служат эффективным средством повышения достоверности диагностики МСВТ. С их помощью контроль правильности функционирования можно осуществлять параллельно с решением задач. Эти методы наиболее разработаны для операций пересылок, записи, хранения и считывания информации, так как они имеют линейный характер и для них можно применить во всей полноте методы теории помехоустойчивого кодирования.

В микропроцессорных системах магистрали передачи данных, ОЗУ, ПЗУ составляют от 60% до 80% всех аппаратных средств. Использование методов ФД только для линейных операций уже существенным образом улучшит надежностные характеристики МСВТ: увеличит среднее время наработки на отказ за счет коррекции возникающих ошибок, уменьшит время восстановления благодаря возможности локализации места возникновения неисправности.

Анализ публикаций и технических решений по развитию ЗУ МСВТ показал, что наблюдается тенденция увеличения информационной емкости всех видов ЗУ: оперативных, постоянных, внешних. При этом для получения оптимальных электрофизических характеристик ЗУ (быстродействие, потребляемая мощность, объем и т. д.) все чаще используются БИС ЗУ с информационной емкостью от 16 до 256 Кбит. Несмотря на принимаемые разработчиками БИС ЗУ меры по увеличению надежности и выхода годных (использование резервных ячеек памяти, применение специальных по-

крытий от воздействия  $\alpha$ -частиц, внедрение топологических конструкций, уменьшающих паразитный эффект короткого канала транзистора и т. д.), вероятность возникновения ошибок малой кратности в ЗУ относительно высока и определяет надежность функционирования системы [19—21].

Причина возникновения ошибок в ЗУ заключается в отказах или сбоях отдельных запоминающих ячеек или микросхем в целом. Практически единственным альтернативным решением рассматриваемой проблемы является использование структурно-логических методов повышения надежности функционирования ЗУ, основанных на обнаружении и исправлении ошибок (ОИО) с помощью корректирующих кодов.

Реализация функций ОИО на основе корректирующих кодов в ЗУ информационной емкостью 1 Мбайт позволила фирме HP указать в паспорте своей микроЭВМ 21MX высокое значение средней наработки на отказ — примерно 6—8 тыс. ч. Эта характеристика в десять раз превышает соответствующие показатели систем, аппаратно не реализующих функции ОИО, т. е. ЗУ емкостью 1 Мбайт работает более надежно, чем, например, стандартный блок ЗУ емкостью 32 Кбайт, изготовленный с применением тех же БИС ЗУ емкостью 16 Кбит, но не содержащий устройства ОИО.

В зависимости от реализации различают программные, аппаратные или структурно-логические и комбинированные методы ОИО. Исследования статистики ошибок в полупроводниковых ЗУ показали, что основную часть составляют ошибки малой кратности [22]. Для их диагностирования эффективно применение кодов Хемминга, не требующих сложных кодирующих и декодирующих устройств, обладающих минимальной избыточностью по сравнению с другими кодами и малым приращением времени цикла записи и считывания данных при формировании контрольных соотношений и синдрома.

В ЗУ с информационной емкостью  $>512$  Кбайт целесообразно применять специализированную БИС ОИО, позволяющую уменьшить составляющую интенсивности отказов ЗУ, вносимую блоком ОИО, реализованным на схемах малой интеграции, минимизировать число циклов записи и считывания в ЗУ.

БИС ОИО, используемые для ФД, отличаются структурами корректирующего кода, показателями элементной избыточности, значениями временных приращений циклов записи и считывания ЗУ, форматами обрабатываемой информации, алгоритмами обработки и передачи данных, возможностями контроля или самоконтроля, системами электрических конструктивных и эксплуатационных параметров и характеристик.

При практической реализации БИС ОИО применяется, как правило, модифицированный код Хемминга, который не является минимальным, но позволяет унифицировать принципиальную схему кодирующих и декодирующих устройств по числу входов и нагрузок логических элементов, уменьшить время задержки распространения сигнала при формировании контрольных разрядов, синдрома и флагов ошибок, уменьшить сложность устройства обнаружения многократных ошибок, обеспечить увеличение формата информационных данных путем использования нескольких БИС ОИО, сохранив при этом минимальный коэффициент избыточности, осуществить программную обработку синдромов ошибок и реализовать режим самодиагностики блока ОИО. Использование встроенных средств ФД [23] дает возможность организовать оптимальный режим профилактических и ремонтных работ (рис. 5).

Достижения микроэлектроники, позволяющие уменьшать геометрические размеры отдельных элементов БИС, расширяют функциональные возможности высокоинтегрированных БИС ЗУ. Однако уменьшение размеров запоминающих элементов снижает устойчивость ЗУ к случайным сбоям. Способ борьбы со случайными

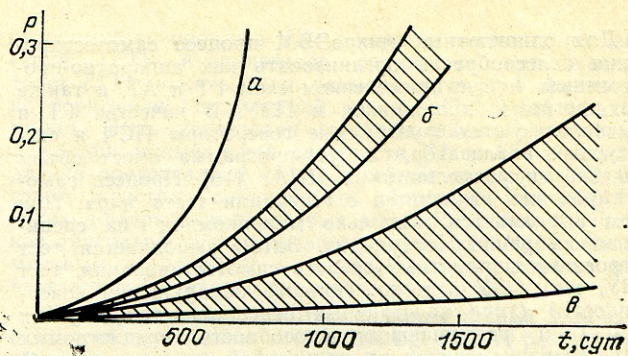


Рис. 5. Изменение значения вероятности возникновения некорректируемой ошибки при 90-суточном цикле ремонтных работ при отсутствии средств ФД (а); при использовании средств ФД с заменой элементов ЗУ при отказах (б); при использовании средств ФД с заменой элементов ЗУ при отказах и сбоях (в)

сбоями с помощью БИС ОИО, размещаемых на платах памяти, для быстродействующих ЗУ оказывается неэффективным. Даже самые быстродействующие БИС ОИО вносят во временную диаграмму ЗУ задержки, превышающие времена выборки ЭСЛ БИС ЗУ с произвольной логикой.

Эффективный способ решения этой проблемы состоит в создании ЗУ со схемами исправления ошибок, выполненными в составе кристалла БИС (встроенными). Экспериментальные варианты БИС ЗУ с исправлением ошибок описаны в работах [24, 25].

Создать систему ФД для арифметических и логических устройств значительно сложнее, нежели для устройств передачи и хранения данных. Можно построить корректирующий код, совместимый с арифметическими операциями, но такой код будет более сложным по сравнению с кодами Хемминга. Арифметические коды можно разделить на коды, обнаруживающие ошибки и исправляющие их. Наиболее простыми и распространенными являются коды с проверкой по модулю. Основная создания кода заключается в том, что в его контрольные разряды записывается остаток от деления исходного кодируемого числа на некоторое заранее заданное число (модуль). Если обеспечить контроль по нескольким модулям, то можно обеспечить исправление ошибок. Данные коды пока не находят широкого распространения в МСВТ из-за большой избыточности.

Интенсивно развиваются в теоретическом плане исследования, посвященные реализации самопроверяемых схем встроенного контроля (ССВК) [26]. В принципе ССВК позволяют в процессе функционирования произвольной схемы обнаруживать любую единичную неисправность в момент ее первого проявления. Однако, в подавляющем большинстве случаев, реализация такого метода ФД требует 100%-ного усложнения диагностируемого устройства. Для некоторых типов структур МСВТ, особенно резервированных систем, экономически оправданным способом ФД может оказаться дублирование отдельных узлов системы. Подводя итоги беглому рассмотрению методов ФД, отметим, что в настоящее время лишь для систем передачи и хранения данных имеются практически целесообразные и уже внедренные методы. Но и для таких систем существуют важные, не до конца проработанные вопросы. Это, прежде всего, развитие методов ФД для реализации реконфигурации в ЗУ путем подключения резервных ячеек памяти вместо дефектных в процессе изготовления и эксплуатации.

Проблемы диагностирования на различных этапах жизненного цикла МСВТ, имевшие долгое время второстепенное значение, теперь определяют технический уровень разработки. Проектирование МПК и МСВТ без

учета требований контролепригодности оборачивается значительным замедлением процесса освоения изделий и увеличением трудоемкости изготовления систем.

Изучение природы задач диагностирования сложных систем показало, что традиционный путь, состоящий в разработке тест-программ для систем, спроектированных без учета требований диагностирования, исчерпал свои возможности. Определен ряд структурных методов, которые, оставляя разработчику полную свободу при решении функциональных задач, существенно упрощают коррекцию, обнаружение и поиск неисправностей. Поэтому разработка структурных методов функционального и тестового диагностирования, нацеленная на увеличение среднего времени наработки на отказ (корректирующие коды) и на уменьшение времени восстановления отказавшего устройства (поиск неисправного элемента), становится неотъемлемым этапом проектирования современных МСВТ. До тех пор пока сохранится тенденция повышения плотности упаковки кристаллов и увеличения функциональной сложности схем, размещаемых на одном кристалле, будет расти интерес к возможностям реализации задач функционального и тестового диагностирования за счет схемной избыточности. Таким образом, развитие перспективных МПК и МСВТ будет неизбежно сопровождаться развитием структурных методов функционального и тестового диагностирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Микропроцессорные комплекты интегральных схем/В. С. Борисов, А. А. Васенков, Б. М. Малашевич и др. Под ред. А. А. Васенкова и В. А. Шахнова. — М.: Радио и связь, 1982. — 192 с.
2. Williams T. W., Parker K. P. Desing for testability — a survey. — IEEE Trans. comput., 1982, v. 31, N 1, p. 2—14.
3. Aviation Week and Space Technology, 1981, v. 114, N 7, p. 7—89.
4. Горяшко А. П. О синтезе схем с минимальной трудоемкостью тестирования. — Автоматика и телемеханика, 1981, № 1, с. 145—153.
5. IEEE Trans. on Comput., 1981, v. 30, N 11, pp. 73—82, 83—94.
6. Дж. Р. Лайнбек. Микропроцессоры с автотестированием. — Электроника. Пер. журн. США «Electronics», 1981, № 25, с. 20—25.
7. FTCS 12th Annual International Symposium Fault — Tolerant Computing, 1982, p. 117—127.
8. U.S. Patent, N 3761695, Sept. 25, 1973.
9. Dig. 1977 Semiconductors Test Symp. Oct. 1977, p. 8—16.
10. Новые разработки изготовителей микрокомпьютеров. Электроника. Пер. журн. «Electronics», 1983, № 7, с. 53—55.
11. Dig. Comp. Conf. 1980, Feb. 1980, p. 39—46.
12. Proc. 1979, Test. Conf Cherry — Hill. Oct. 1979, p. 112—119.
13. IEEE Trans. on Comput. v. 30, N 11, 1981, p. 146—153.
14. Цзуй Ф. Ф. Испытания in situ — новый метод проверки быстродействующей БИС/СБИС логики. — ТИИЭР, 1982, т. 70, № 1, с. 143—165.
15. Комоницки Д. Полное самотестирование системы — результат синтеза существующих методов. — Электроника. Пер. журн. «Electronics», 1983, № 5, с. 26—35.
16. Фазанг М. П. Microbit — способ самотестирования сложных микрокомпьютеров. — Там же, с. 35—41.

17. Бойкевич А. М., Горяшко А. П., Мионов В. Г., Орешкин М. И. Синтез легко тестируемых дискретных устройств четвертого поколения. — Тез. докл. III Международного симпозиума ИМЕКО. — М.: НТО им. Вавилова, 1983, с. 19.

18. Асафьев Ю. В., Бойкевич А. М., Волчек В. Л., Горяшко А. П. Синтез контролепригодных схем — направление, продиктованное интегральной технологией. — Изв. АН СССР. Техн. кибер. 1981, № 4, с. 56—62.

19. Electronic Design, 1982, v. 30, N 3, p. 37, 38.

20. Computer Design, 1982, v. 21, N 1, p. 109—138.

21. Microelectronics and Reliability, 1982, v. 21, N 6, p. 775.

22. IEEE J. of Solid-State Circuits, 1981, v. 16, N 1, p. 31.

23. Борисов В. С., Горемыкин В. В., Никулин В. С. Микросхема обнаружения и исправления ошибок в полупроводниковых ЗУ. — Электронная промышленность, 1983, вып. 4, с. 21—23.

24. Борисов В. С. Полупроводниковое ЗУ с повышенной надежностью функционирования. — Электронная промышленность, 1979, вып. 5, с. 20—22.

25. Орангзеб Хан. Быстродействующие ЗУПВ с встроенными схемами исправления ошибок. — Электроника. Пер. журн. «Electronics», 1983, № 18, с. 58—66.

26. Пархоменко П. П., Согомонян Е. С. Основы технической диагностики. — М.: Энергондизат, 1981. — 320 с.

Статья поступила 7 декабря 1983 г.

#### «АСУ-рейс»

Специалистами МосгортрансНИИпроекта создана микропроцессорная система управления работой пассажирского транспорта «АСУ-рейс». Эта система состоит из датчиков, установленных в контрольных пунктах вдоль маршрута движений; микропроцессорных устройств с дисплеями в кабинах водителей автобусов; управляющей ЭВМ типа СМ-2М в центральной диспетчерской.

В случае отклонения от графика движения в кабине на экране дисплея появляются цифры: это время отклонения. Электронный диспетчер по радиоканалу дальнего действия (20—30 км) подсказывают водителю, что делать — на экране дисплея появляются команды ЭВМ-диспетчера, режим движения машины. При работе системы регулярность движения резко возрастает, отклонения автобусов от графика не превышают одной минуты. Если же один или несколько автобусов сошли с линии, система выравнивает интервалы между ними.

Программисты МосгортрансНИИпроекта разработали для центральной ЭВМ системы программу «АСУ-рейс». В память ЭВМ записаны «десятки ситуаций», позволяющие водителю принять верное решение, вызвать техническую помощь в случае аварии, пожарную машину при пожаре или скорую помощь для заболевшего пассажира. В Москве по этой программе ЭВМ управляет движением десятков автобусов.

Подобная микропроцессорная система управляет движением троллейбусов в г. Воронеже. В качестве ЭВМ-диспетчера служит «Электроника 60».

УДК 681.326.3:681.3.06

В. И. Иванов, В. И. Лобанов, А. В. Митрофанов

## ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МАЛОРАЗРЯДНЫХ ОДНОКРИСТАЛЛЬНЫХ МИКРОЭВМ

Новые инструменты инженеров-разработчиков радиоэлектронной аппаратуры — средства отладки программ пользователей — позволяют не только отладить программу на эмулирующей ЭВМ с использованием кросс-средств программирования и программно-логической модели, но и проверить ее в реальном масштабе времени на физической модели отлаживаемого устройства.

Среди многообразия микропроцессорных устройств необходимо выделить однокристалльные микроЭВМ со встроенными программной и оперативной памятью. Такие микроЭВМ ориентированы на использование в крупносерийной аппаратуре, поэтому важно упростить и удешевить отладку микроЭВМ.

Архитектура и система команд однокристалльных микроЭВМ (в первую очередь 4- и 8-разрядных) выбираются такими, чтобы при заданных технологических нормах кремниевый кристалл был минимальных размеров (от этого зависит удешевление БИС). Программная и оперативная память занимают обычно до 50% площади кристалла, арифметическо-логическое устройство и программируемые с помощью маски матрицы микрокоманд — до 30%. Как правило, БИС микроЭВМ размещается в корпусе с числом выводов не более 40. Большинство однокристалльных микроЭВМ ориентированы преимущественно на управление периферийными устройствами и имеют развитую систему портов ввода-вывода (до 60% выводов БИС). Поэтому число выводов, которые могут быть использованы для приема и выдачи управляющих сигналов, а также для тестирования, ограничено. Управляющая логика, занимающая на кристалле относительно небольшую площадь, также недостаточна для организации работы однокристалльных микроЭВМ в отладочном режиме. Дополнительные трудности возникают из-за динамического характера логических элементов БИС.

Все эти факторы осложняют выполнение служебных программ, например, чтения содержимого внутренних регистров или организации точек останова в произвольных адресах

программы с последующим восстановлением статуса. Поэтому создать универсальное отладочное средство для достаточно широкой номенклатуры однокристалльных микроЭВМ технически сложно.

### Универсальный отладочный комплекс

Перечислим основные функции универсального устройства программно-аппаратной отладки программ пользователя для однокристалльных микроЭВМ:

- выполнение отлаживаемой программы, как по частям, так и в целом, в реальном масштабе времени с полной физической имитацией всех устройств пользователя;

- перевод в режим точек останова, т. е. остановов в произвольных контрольных точках программы по условиям, задаваемым пользователем (частный случай — пошаговый режим). Устройство должно автоматически переходить с выполнения программы в реальном масштабе времени на режим точек останова (обратный переход по команде пользователя);

- чтение и модификация любых внутренних регистров;

- трассирование — анализ «следа», оставляемого отлаживаемой системой в течение определенного числа шагов программы до точки останова или после нее. В простейшем случае анализируется «след», оставляемый при выполнении программы счетчиком команд. Для хранения информации трассирования используется либо специальное ОЗУ, либо определенная зона системной памяти отладочного устройства. В нее, кроме состояний счетчика команд, могут заноситься признаки текущего состояния отлаживаемой микроЭВМ и ее периферии.

Для реализации перечисленных функций оптимален отладочный комплекс из ведущей стандартной ЭВМ и дополнительного аппаратно-программного блока. Последний исполняет общие (для отладки всех однокристалльных

микроЭВМ) функции и учитывает особенности микроЭВМ. Такой блок в системе отладки, промежуточный между ведущей ЭВМ и устройством пользователя, называется системным эмулятором (СЭ).

Распространенные ранее средства отладки микропроцессорных систем основывались на методах внутрисхемной эмуляции. В отличие от них системный эмулятор обеспечивает в реальном масштабе времени достоверную эмуляцию, так как функции ведущей ЭВМ и системного эмулятора разделены. Последний содержит в качестве исполнительного устройства однокристалльную микроЭВМ, в точности эквивалентную отлаживаемой, но работающую от внешней программной памяти.

Ведущая ЭВМ при таком подходе не расходует свои системные ресурсы на управление эмуляцией (для этого ее архитектура не предназначена), а лишь предоставляет стандартное программное обеспечение отладки (сис-

темные команды с пульта оператора, кросс-ассемблер, редактор связей, загрузчик, управление файлами, при необходимости — программно-логическая модель). Недорогие ЭВМ, целесообразные в качестве ведущих, зачастую не могут обеспечить необходимого быстродействия для эмуляции в реальном масштабе времени (например, универсальная микроЭВМ «Электроника 60» имеет быстродействие 250 тыс. операций/с, что соизмеримо с быстродействием некоторых однокристалльных микроЭВМ с командным циклом 4 мкс).

### Универсальная отладочная система

Модульность отладочной системы (рис. 1) заключается в том, что ведущая ЭВМ и системный эмулятор (СЭ) представляют собой самостоятельные блоки, программное обеспечение которых создается в известной мере независимо. Кроме того, СЭ — также модульное

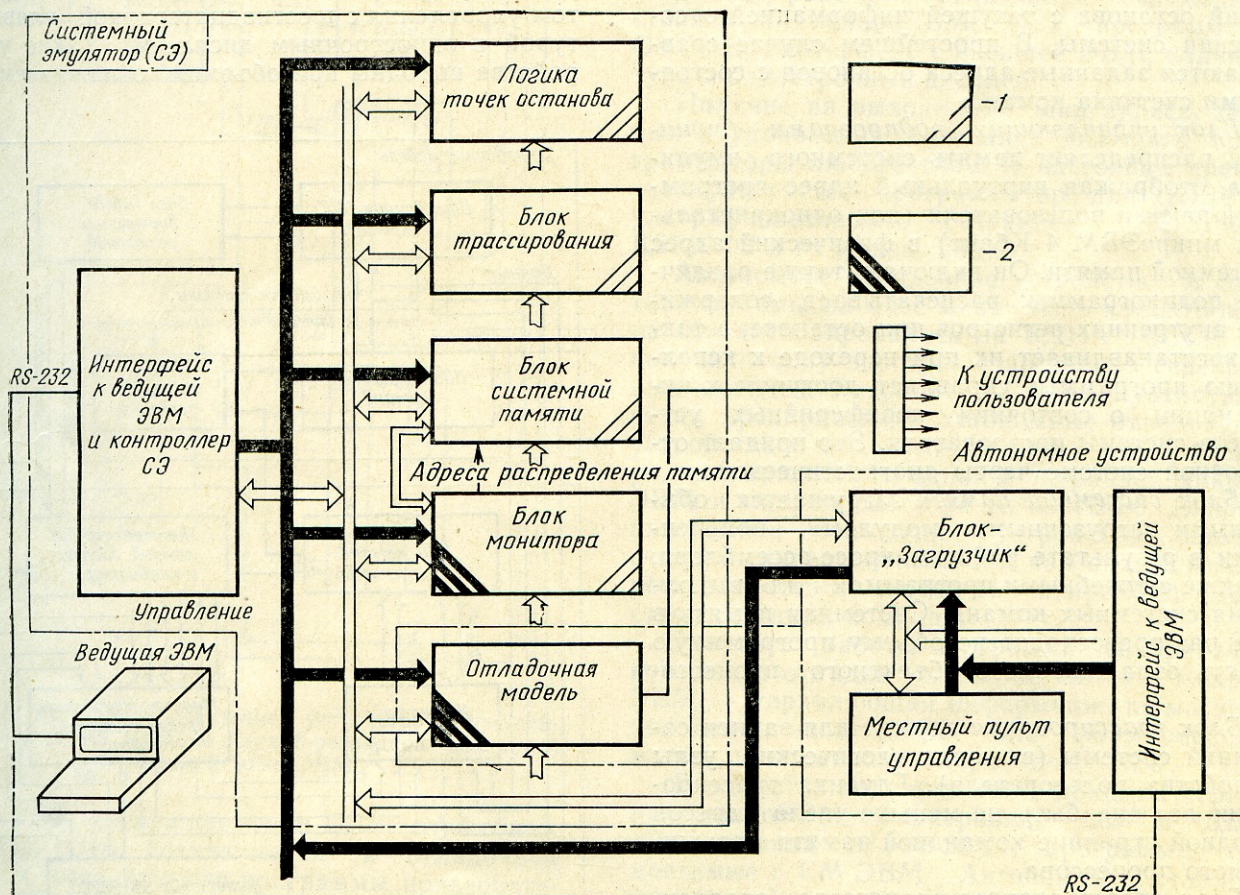


Рис. 1. Универсальная отладочная система: 1 — блоки, функционально заменяемые блоком-загрузчиком автономного устройства, 2 — блоки, полностью или частично заменяемые для разных однокристалльных микроЭВМ и микропроцессоров

устройство. Его аппаратная и программная части должны допускать несколько конфигураций, от простых (соответственно дешевых, но с небольшими возможностями) до сложных, с максимумом удобств при отладке, тестировании и диагностике устройств с фиксированной памятью команд.

Перечислим назначение и основные функции блоков отладочной системы.

**Интерфейс к ведущей ЭВМ и контроллер системного эмулятора** принимает команды и данные от ведущей ЭВМ и передает данные обратно по последовательному каналу типа RS-232; декодирует адреса и принятую информацию; вводит систему в один из трех режимов: диалог с ведущей ЭВМ, выполнение мониторинговых программ СЭ и выполнение (прогон) программы пользователя. Кроме того, интерфейс содержит аппаратные средства для исполнения программы пользователя в пошаговом режиме.

**Логика задания точек останова** — автоматически вырабатывает команды останова при совпадении заданных с пульта оператором условий останова с текущей информацией о состоянии системы. В простейшем случае сравниваются заданные адреса остановов с состояниями счетчика команд.

**Блок управляющих подпрограмм (монитор)** распределяет память системного эмулятора, отображая виртуальный адрес программной памяти пользователя (для однокристальных микроЭВМ 4 Кбайт) в физический адрес системной памяти. Он включает также различные подпрограммы: распечатывает содержимое внутренних регистров при останове, а также восстанавливает их при переходе к исполнению программы; управляет доступом к информации о состоянии периферийных устройств системы пользователя. Это придает отладочной системе черты диагностической.

**Блок системной памяти** загружается объектными загрузочными модулями, полученными в результате работы кросс-ассемблера, а также служебными программами для выполнения системных команд. Системная память в 4—8 раз превосходит по объему программную память отлаживаемого объектного процессора.

**Блок трассирования** служит для записи состояний системы (включая логические узлы устройства пользователя). Глубина трассирования должна быть не меньше числа адресов на одной странице командной памяти отлаживаемого процессора.

**Блок отлаживаемого процессора** (отладочная модель) — единственный блок СЭ, который полностью заменяется при смене типа отлаживаемых однокристальной микроЭВМ или микропроцессора. Его основа — отладоч-

ная БИС однокристальной микроЭВМ. В режиме прогона эта БИС задает выборку адресов и интерпретирует полученные из программной памяти команды. Другой его важнейший элемент — архитектурное ПЗУ, в котором записаны все признаки отлаживаемой микроЭВМ, а также служебные подпрограммы для прочтения содержимого внутренних регистров при останове. Разработка блока объектного процессора всегда затруднительна, так как требует отчетливого знания не только архитектуры и временных характеристик, но часто и микросхемотехники отлаживаемой микроЭВМ.

## Автономное отладочное устройство

Среди отладочных систем, предназначенных преимущественно для однокристальных микроЭВМ и микропроцессоров с разрядностью 8 и ниже, следует выделить подкласс устройств с упрощенными функциями, работающих не только от ведущей ЭВМ, но и автономно (см. рис. 1, справа). Для автономной работы устройство оснащается местным пультом управления с шестнадцатеричной клавиатурой и однострочным дисплеем. Такие устройства выгодны при объемах отлаживаемых

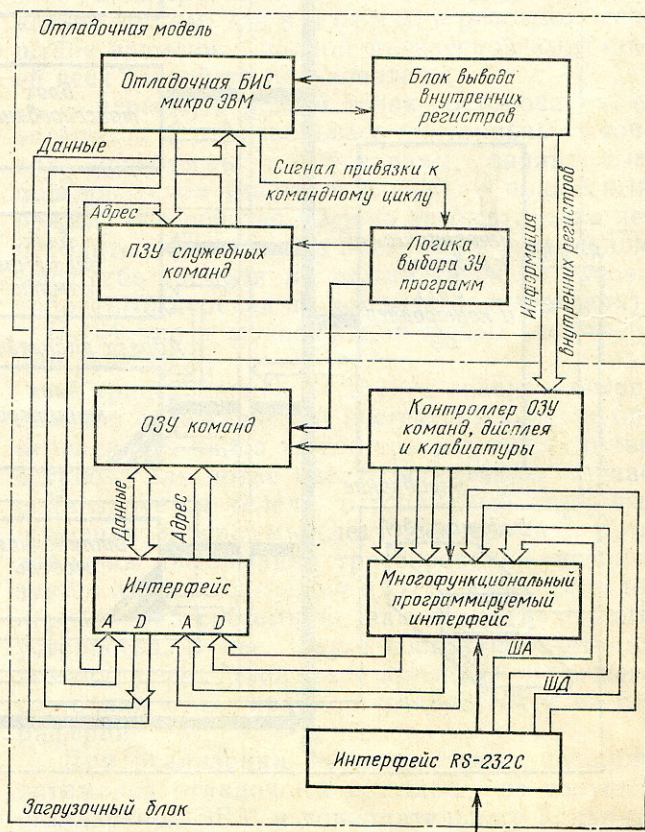


Рис. 2. Автономное отладочное устройство

В ре-  
адре-  
грам-  
ейший  
тором  
икро-  
ы для  
стров  
тного  
как  
китек-  
сто и  
ЭВМ.

ачен-  
льных  
ядно-  
класс  
бота-  
авто-  
мной  
пуль-  
авиа-  
уст-  
емых

программ менее 2 Кбайт и доступны более широкому кругу пользователей благодаря малой стоимости.

Автономное отладочное устройство (рис. 2) несмотря на упрощенные функции содержит в себе все признаки отладочных систем высокой производительности. Обязателен загрузочный блок (интерфейса-контроллера), обычно объединяемый с блоком монитора. «Архитектур-

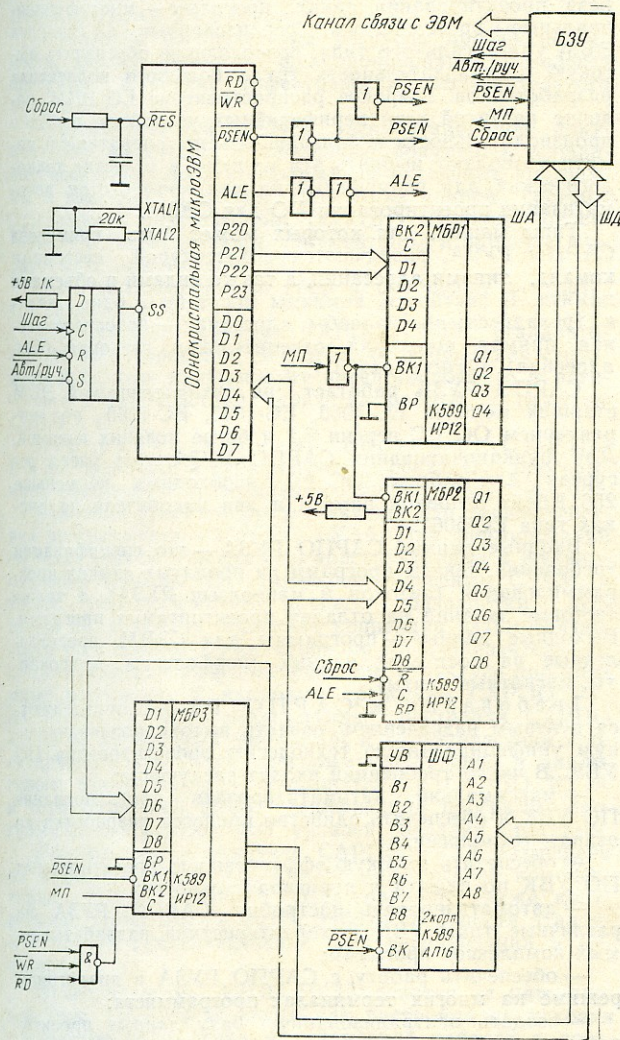


Рис. 3. Автономное отладочное устройство с простейшей отладочной моделью для 8-разрядной однокристальной микроЭВМ

ное» ПЗУ превращается в ПЗУ служебных команд. Оно подключается к отладочной БИС в точке останова программы пользователя и обеспечивает программу прочтения регистров и восстановления статуса. Служебное ПЗУ подключается к отладочной БИС внутри командного цикла после завершения считывания из основной программной памяти. Важно

(хотя зачастую для однокристальных микроЭВМ технически затруднительно) зафиксировать статус в момент останова и восстановить его при возобновлении прогона.

Автономное отладочное устройство не имеет преимуществ, предоставляемых ведущей ЭВМ, так как программировать приходится в шестнадцатеричных машинных кодах без редактирования. Однако во многих случаях пользователь готов идти на это.

Автономное отладочное устройство состоит из блока загрузки и управления (БЗУ), отладочной модели (ОМ).

БЗУ выполняет следующие функции: загрузки и чтения программы пользователя в энергонезависимом ОЗУ программ; организация различных режимов работы ОМ (ручной, автоматический и режим контрольных точек); организация канала связи с внешней ЭВМ.

Для реализации этих функций в состав БЗУ включены следующие узлы:

одноплатная микроЭВМ, ОЗУ программ пользователя, ОЗУ контрольных точек (ОЗУ—КТ), интерфейс для организации взаимодействия между микроЭВМ, ОЗУ программ и ОЗУ—КТ, интерфейс с внешней ЭВМ, клавиатура и однострочный дисплей.

Наличие на выходе БЗУ шин адреса, данных и управления позволяет включать программаторы любого типа. В настоящее время эксплуатируется программатор для ППЗУ с ультрафиолетовым стиранием К573РФ1, К573РФ2 и их модификаций.

Автономное отладочное устройство в составе системы на базе микроЭВМ «Электроника 60» экспонировалось на ВДНХ СССР и получило одну золотую и несколько серебряных медалей. Разработаны и эксплуатируются на предприятиях автономные отладочные устройства с моделями для двух типов 4-разрядных микроЭВМ, одной 8-разрядной микроЭВМ и микропроцессора КР580ИК80. Данное автономное отладочное устройство можно считать универсальным, так как оно легко перестраивается на любой тип микроЭВМ с жесткой системой команд.

Результат работы программно-аппаратного комплекса отладки однокристальных микроЭВМ — управляющая информация на магнитной ленте, необходимая для формирования маски фотомаски встроеного ПЗУ.

В качестве ведущих ЭВМ приняты серийные микроЭВМ «Электроника 60» и ДВК «Электроника ИЦ-80-20/2», программно-совместимые с СМ ЭВМ. Автономные отладочные средства могут быть расширены, например, дополнительными блоками тестирования и диагностики отлаживаемой системы, а также программаторами внешнего ПЗУ.

Статья поступила 23 марта 1984 г.

А. А. Штрик

## РУЗА — СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЯЮЩИХ И МИКРОЭВМ

Система автоматизации разработки программного обеспечения (САРПО) РУЗА применяется при проектировании комплексов программ объемом десятки и сотни тысяч команд для работы в реальном масштабе времени.

Широкое распространение микропроцессоров и микроЭВМ обостряет проблему производства программного обеспечения (ПО) для микроЭВМ.

Основные особенности программирования для микроЭВМ вкратце могут быть сведены к следующему [1]: — вследствие большого количества разнообразных микропроцессорных устройств, ориентированных на преимущественное использование в конкретных областях применения, необходимо унифицировать технологию создания программ и широко использовать кросс-системы разработки ПО;

— ограниченные ресурсы микроЭВМ усложняют их использование в качестве инструментальных для функционирования кросс-систем;

— методы и средства определения требований к проектируемому ПО и его компонентам диктуются широкой областью применения (существующие трудности не зависят от особенностей микроЭВМ);

— проблемы проектирования, кодирования, отладки, тестирования и документирования программ мало отличаются от проблем разработки ПО традиционных ЭВМ и решаются сходными методами и средствами;

— технологические средства микроЭВМ, как и обычных ЭВМ, специализируют по областям создаваемого ПО (для решения инженерных и научных, управляющих и информационно-поисковых задач).

Учитывая общность подходов к решению проблем, ниже используется термин специализированная ЭВМ (СЭВМ), подразумевающий как ЭВМ, построенные на базе микропроцессоров, так и традиционные специализированные и управляющие ЭВМ. Разработка программ на микропрограммном уровне не рассматривается.

### Основные принципы САРПО РУЗА

**Назначение.** Система автоматизации разработки программного обеспечения (САРПО) РУЗА для СЭВМ предназначена унифицировать технологию проектирования и автоматизировать разработку крупных комплексов программ (КП), а также повысить производительность труда программистов и улучшить качество программ. САРПО РУЗА комплексно автоматизирует наиболее трудоемкие этапы создания программ и выпуска документации и применяется для проектирования КП (объемом десятки и сотни тысяч команд), работающих в реальном масштабе времени и непрерывно функционирующих. Сокращение сроков разработки и повышение качества программ достигается за счет:

— создания единой технологии разработки программ для разных типов СЭВМ и разных классов задач;

— использования разрабатываемыми программами всех ресурсов памяти и производительности СЭВМ;

— стандартизации структуры комплексов программ и максимального использования унифицированных компонент;

— автоматизированного контроля за ходом разработки программ на основе объективных сведений, получаемых из базы данных инструментальной системы.

Область применения САРПО РУЗА. Высокая производительность и эффективность использования памяти, надежность программ и обеспечение их сопровождения в течение всего цикла жизни — основные требования к ПО СЭВМ, используемых в составе управляющих вычислительных комплексов (УВК). Класс СЭВМ, входящих в УВК, разнообразен по типам машин, особенно мини- и микроЭВМ, отличается недостаточно развитой ОС и ограниченным составом периферийных устройств. Поэтому основная техническая база проектирования таких программ — многофункциональные кросс-системы, реализованные на мощных ЭВМ универсального типа, позволяющие обеспечить высокую производительность труда большого коллектива разработчиков. Широкое распространение ЕС ЭВМ, наличие развитой сети периферийных устройств, высокая производительность и большие объемы оперативной памяти позволяют выбрать эти машины в качестве технологических для размещения на них кросс-систем автоматизации проектирования ПО для СЭВМ.

Типы машин, для которых может быть применена САРПО РУЗА, различаются архитектурой, системами команд, типами адресации, а также видами и объемами памяти. В частности, команды могут быть одно-, двух- и трехадресными, способы адресации — непосредственная, прямая, косвенная, относительная, стековая (безадресная), регистровая и т. д.

САРПО РУЗА работает на технологических ЭВМ старших моделей ЕС-1033, ЕС-1045, ЕС-1060 под управлением ОС ЕС версии 6.1 и более поздних изданий. Для функционирования САРПО РУЗА без учета ресурсов для работы ОС ЕС необходимо не меньше 256 Кбайт основной памяти и два накопителя на дисках типа ЕС-5061.

Входные данные САРПО РУЗА — это спецификации требований, тексты программ на принятых языках программирования (автокод и макроязык РУЗА), а также тестовые задания на отладку проектируемых программ. Выходные данные — программы для СЭВМ, представленные на носителях данных (перфолисты, перфокарты, магнитные ленты).

Требования к САРПО РУЗА определяются целевым назначением: создать высокопроизводительную унифицированную технологию проектирования ПО УВК. В число требований входят следующие:

— максимально автоматизировать проектирование ПО УВК и обеспечить единство процесса разработки по этапам технологии;

— обеспечить высокую эффективность проектируемых ПО УВК по памяти и производительности;

— автоматизировать настройку САРПО РУЗА на различные типы УВК и характеристики разрабатываемых комплексов программ;

— обеспечить работу с САРПО РУЗА в диалоговом режиме на многих терминалах программиста;

— создать централизованную базу данных проектирования, содержащую необходимую информацию о проектируемых программах;

— использовать унифицированный язык проектирования ПО, обеспечивающий простое и удобное управление, настройку, отладку и общение с САРПО РУЗА, а также проектирование программ;

— обеспечить процессы отчуждения, передачи, сопровождения и эксплуатации САРПО РУЗА, а также простоту и гибкость наращивания функциональных возможностей, расширения состава компонент и возможность внесения изменений.

Функции САРПО РУЗА. При разработке ПО для УВК САРПО РУЗА выполняет [2]:

— трансляцию с языков программирования различных уровней (автокода и макроязыка) на машинный язык, эффективно используя производительность и память СЭВМ;

— автоматизированный контроль сопряжения программ по информации и управлению на основе спецификаций программ и текстов программ, контроль использования оперативной памяти, а также информирование по запросу пользователя о реальных связях программ в КП;

— автоматизированный контроль структурной организации программ и использования различных типов памяти;

— контроль отлаженности программ, планирование автономной отладки и ее проведение методом детерминированного тестирования с интерпретацией исполнения команд в кодах СЭВМ;

— автоматизированный расчет длительностей исполнения программ и их групп;

— контроль распределения ресурсов производительности, анализ динамики функционирования комплекса программ и оценку эффективности вычислительного процесса;

— автоматический выпуск эксплуатационной документации (текстовые и табличные документы, машинные носители, схемы программ) на отдельные программы и весь КП с учетом требований единой системы программной документации (ЕСПД), а также корректировку и тиражирование документации в процессе разработки и модернизации КП;

— автоматизированный сбор и обобщение результатов разработки КП.

Перечисленные функции САРПО РУЗА стандартизируют проектирование ПО, правила оформления структуры программ, принципы их информационного и логического взаимодействия, средства работы с памятью СЭВМ и т. д.

Инструментальная система САРПО РУЗА включает в себя языковые средства, программное обеспечение и эксплуатационную документацию.

Языковые средства предназначены для взаимодействия программиста с САРПО РУЗА. При формировании системы языков учитывались конструктивные и функциональные особенности комплексов программ СЭВМ, а также технологический процесс разработки программ [3]. В основу положена концепция взаимосвязанности всех языков проектирования по изобразительным средствам, отдельным конструкциям, структуре программных компонент. К языковым средствам САРПО РУЗА относятся следующие языки: настройки САРПО РУЗА на конкретный тип СЭВМ и характеристики проектируемого комплекса программ; управления и диалогового взаимодействия пользователя с САРПО РУЗА и технологической ЭВМ; спецификаций программ; программирования различных уровней; отладки программ.

Программное обеспечение САРПО РУЗА размещено на магнитных носителях. Объем минимальной комплектации — 250 тыс. команд. ПО содержит также контрольные тесты для проверки работоспособности эталонной версии, предназначенной для эксплуатации и настройки.

Функционально САРПО РУЗА делится на пять частей (рис. 1): *организующая* для настройки на условия конкретных применений и управления работой в соответствии с заданием пользователя; *информационная* со средствами централизованного управления базой данных проектирования, информацией о проектируемом комплексе программ и средствами взаимодействия с ней пользователя; *трансляционная* со средствами контроля исходных текстов программ, перевода на машинный язык, ввода их в память СЭВМ, которая моделируется в базе данных проектирования на технологической ЕС ЭВМ; *отладочная* для автономной отладки программ СЭВМ методом интерпретации их исполнения на ЕС ЭВМ в соответствии с отладочным заданием пользователя; *сервисно-информационная* с программами вывода данных.

Документация САРПО РУЗА содержит инструктивно-методические материалы по унифицированной тех-

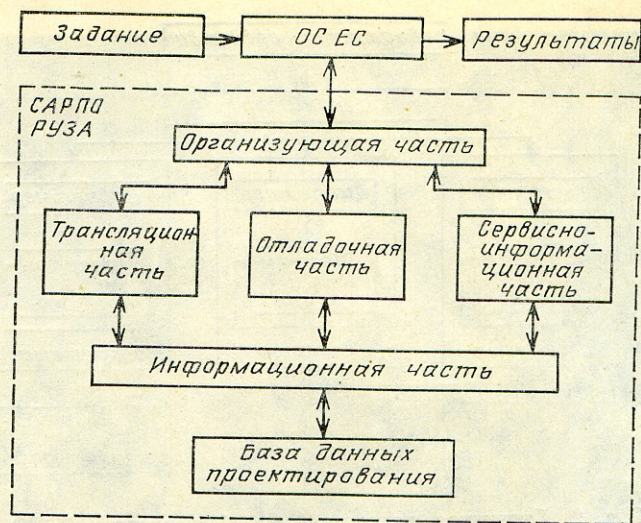


Рис. 1. Функциональная структура САРПО РУЗА

нологии проектирования КП УВК, по эксплуатации и настройке САРПО РУЗА, а также описание языковых средств и ПО системы и выполнена в соответствии с требованиями ЕСПД. В комплект входит документация, предоставляемая пользователю с тиражируемой версией системы, а также разрабатываемая пользователем для конкретной СЭВМ.

Принципы построения, подготовки к работе и эксплуатации. Высокий уровень автоматизации проектирования программ и широкие функциональные возможности САРПО РУЗА усложнили ее программное обеспечение. Поэтому структурная организация САРПО РУЗА основана на принципах структурного проектирования комплексов программ:

— специализация и структуризация компонент по функциональному признаку, определяющие функцию и место каждой компоненты в системе;

— модульное построение программ и иерархия их взаимодействия, обеспечивающие заданную последовательность реализации выполняемых функций;

— единые правила оформления и использования компонент;

— использование централизованной базы данных проектирования (БДП), обеспечивающее единство взаимодействия пользователя с проектируемым комплексом программ.

Программное обеспечение САРПО РУЗА состоит из подсистем (рис. 2). Наличие типовых интерфейсов [4] монитор-диспетчер, диспетчер—подсистема и подсистема—БДП позволяет просто и гибко развивать САРПО РУЗА, создавая законченные версии. По мере ввода функций увеличивается число подсистем и версий. При этом реализованные в предыдущих версиях функции остаются без изменений, т. е. выполняется принцип совместности снизу вверх. Программные и информационные модули объединяются в подсистемы, каждая из которых управляется собственным типовым диспетчером. Для подсистем установлены допустимые размеры и правила их оформления. Подсистема выполняет одну или несколько функций, реализующих определенную операцию в технологическом цикле проектирования программ. Подсистемы управляются централизованно монитором САРПО РУЗА, а обслуживаются информацией через базу данных проектирования.

Используя САРПО РУЗА, программы разрабатывают в три этапа: постановка САРПО РУЗА на технологической ЕС ЭВМ пользователя; настройка САРПО РУЗА на характеристики СЭВМ и проектируемого ком-

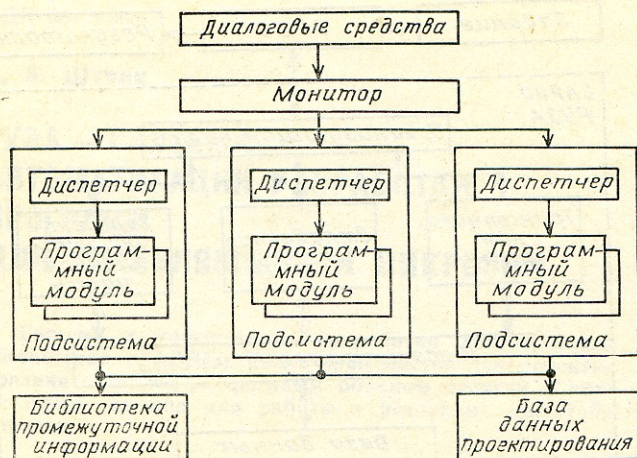


Рис. 2. Структура программного обеспечения САРПО РУЗА

плекса программ; разработка программ с помощью САРПО РУЗА.

Постановка включает изучение документации, запись на магнитный диск эталонных системы и базы данных и проверку работоспособности полученной версии. Затем формируется рабочая версия САРПО РУЗА: готовится информация, характеризующая СЭВМ и проектируемый комплекс программ, настраиваются машинозависимые компоненты системы трансляции и выпуска посителей данных и документации средствами САРПО РУЗА, готовится интерпретатор систем автономной отладки, разрабатывается тестовый пример для программ СЭВМ. Рабочая версия испытывается с помощью этого теста.

САРПО РУЗА настраивают на конкретную СЭВМ, выделяя машинозависимые компоненты — информационные модули (таблицы) и сменные программные модули [5]. Формируют информационные модули и включают их в САРПО РУЗА автоматизированно средствами системы, описав параметры и структуры СЭВМ и ее системы команд на языке описания настройки. Сменные программные модули включаются в систему средствами ОС ЕС с инициализацией их от системы РУЗА.

## Структурные и статистические характеристики САРПО РУЗА

К структурным характеристикам относятся данные по количеству модулей, информационных массивов и оверлейных сегментов, а также данные по использованию библиотек и взаимозависимости подсистем. Структурно все ПО системы РУЗА состоит из 454 программных и 235 информационных модулей. Среднее количество программных модулей в подсистемах около 36; 75% модулей разработано на языке ПЛ/1; ассемблер использован для связи с ОС ЕС, либо для отдельных высокоэффективных программ.

Все компоненты системы РУЗА объединены в 65 оверлейных сегментов, в среднем по 8—10 программных модулей в каждом; необходимость в оверлейных сегментах следует из ограниченности объема оперативной памяти, отводимой для работы подсистемы.

Из входящих в первую очередь РУЗА—А 13 подсистем — 6 машинозависимых; при этом перепрограммируются около 30 программных модулей с учетом разработки интерпретатора и автоматизированного изменения 31 информационного модуля, что в сумме составляет примерно 10% от общего объема системы РУЗА.

К характеристикам сложности компонент относятся количественные оценки информационных и логических связей в системе и данные по структурному построению модулей — количество передач управления и меток, количество циклов, глубина вложенности.

Характеристики сложности взаимодействия: каждая подсистема в среднем использует 1 библиотеку на запись и 2—3 — на считывание (число библиотек — 15).

Среднее количество вызываемых программ не превышает 5—6, что связано с высокой степенью централизации управления посредством типового диспетчера и свидетельствует о его гибкости и настраиваемости. Среднее количество программных модулей, выполняющих одну директиву, — 11, что показывает достаточно высокий уровень стандартизации в сочетании с универсальностью по выполненным функциям. Каждый программный модуль обращается в среднем к 2—3 информационным зонам. В свою очередь каждый информационный модуль обслуживает 3—4 программных модуля. Это говорит о глубокой информационной связи компонент в пределах подсистемы.

Усредненные показатели программного модуля: общее число операторов — 150, передач управления — 10, количество циклов — 2, число меток — 8.

## Опыт проектирования инструментальной кросс-системы РУЗА

Работа над созданием первой очереди САРПО РУЗА—А, содержащей 13 подсистем объемом около 250 тыс. машинных команд, продолжалась 4,5 года. Этот период начался с разработки технического задания и технического проекта и завершился испытаниями. Наряду с научно-техническими большое внимание уделялось методологическим и организационным задачам.

Методологические задачи — выбор и детализация процесса проектирования, выделение этапов разработки и уточнение операций на этапах, определение необходимых ресурсов и т. д. Результатом этих работ явилась типовая технологическая схема и детальный перечень операций по созданию САРПО РУЗА.

Организационные задачи — организация комплексного и технологического подразделений и определение их статуса, прав и обязанностей; распределение работ среди коллективов разработчиков и организаций-исполнителей; определение необходимого перечня, написание, согласование комплекта инструкций и методик по организации и ведению разработки; обучение специалистов-разработчиков работе на ЕС ЭВМ, ОС ЕС, программированию на языках ПЛ/1 и ассемблер.

Технические задачи — обеспечение работы в диалоговом режиме, создание необходимых библиотек и их сопровождение; внедрение стандартных и унифицированных пакетов запуска заданий и организация каталогизированных процедур работы и системы автоматизированного контроля за использованием машинного времени и работой ЕС ЭВМ; создание условий для автономной отладки программ, максимально приближенных к реальной работе в составе системы.

Разработанное общее техническое задание и технический проект САРПО РУЗА послужили основой для последующего выделения по функциональному признаку подсистем. Они в свою очередь были структурированы на программные и информационные модули с соблюдением иерархии всех компонент. Связи каждой компоненты с другими были закреплены спецификациями (по установленной форме), согласованными с разработчиками, имеющими отношение к данной компоненте. Пошаговая детализация сверху вниз позволила создать подробную структурную схему всей системы, учитывающую все логические и информационные связи.

После написания программ и автономной отладки компоненты и подсистемы были комплексированы в систему, с одной стороны, созданием специальных макрокоманд, обеспечивающих стыковку программных моду-

осятся  
еских  
еению  
к, ко-  
жда  
у на  
-15).  
пре-  
ентра-  
тчера  
ности.  
лняю-  
точно  
нивер-  
про-  
нфор-  
орма-  
моду-  
связи

об-  
10,

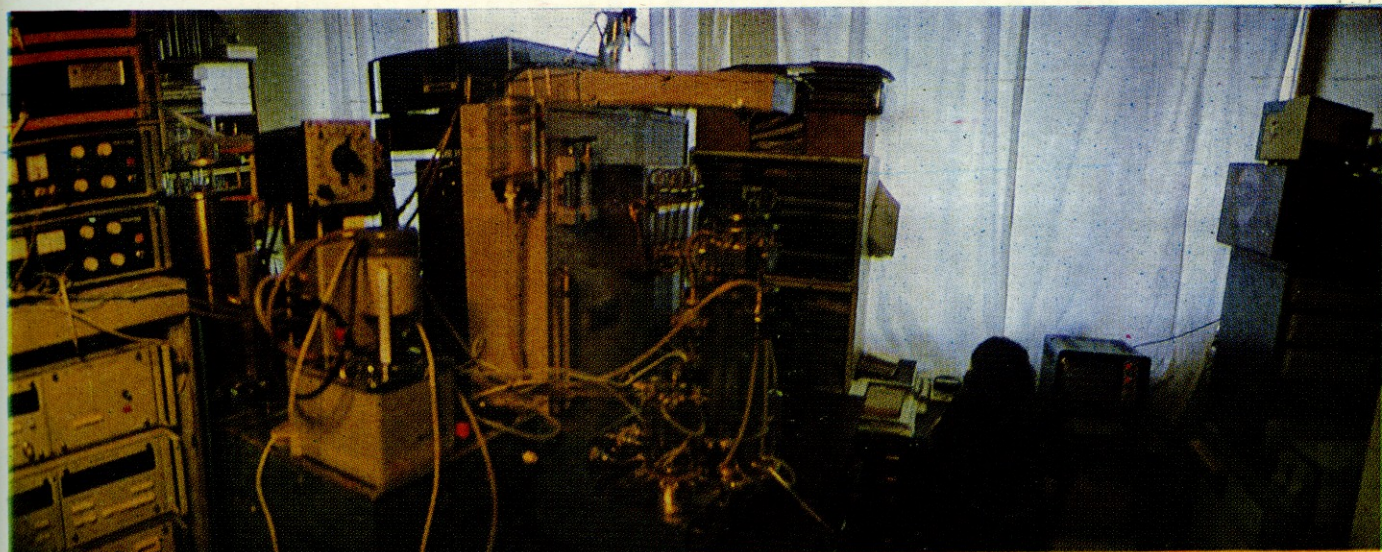
ьной

РПО  
около  
года.  
зада-  
иями.  
уде-  
ачам.  
ация  
ботки  
ходи-  
лась  
счен  
ация  
опре-  
ление  
низа-  
ереч-  
ий и  
обу-  
ЭВМ,  
блер.

ты в  
иотек  
ифи-  
ация  
авто-  
нно-  
для  
жен-

ехни-  
для  
наку  
заны  
юде-  
мпо-  
(по  
тчи-  
По-  
дать  
нты-

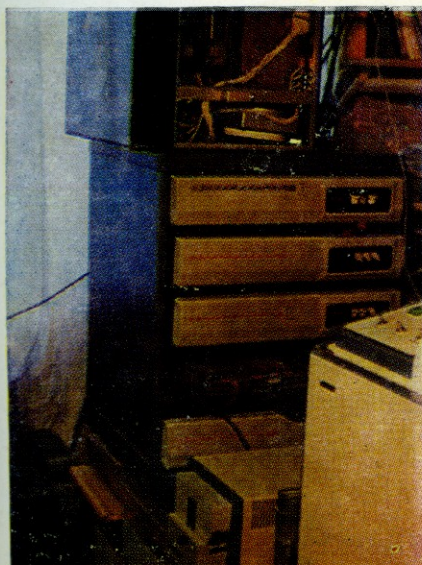
адки  
си-  
кро-  
оду-



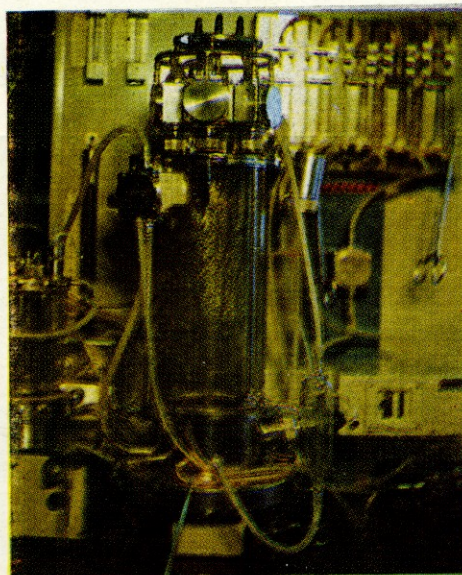
## УПРАВЛЯЮЩИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «АЛЬФА-60»

(К ст. Г. Р. Громова, Н. В. Ширшикова, Л. А. Литвиненко)

Информационное ядро комплекса «Альфа-60» представляет собой гибко перестраиваемый контроллер на базе функционально связанных микроЭВМ «Электроника 60». Связь с контролируемым объектом — в режиме прерываний; фоновые программы диалоговой обработки данных и управления технологическим процессом, написанные на языке Бейсик, по запросам измерительных устройств отдают управление программам реального времени на язы-



Контроллер на базе микроЭВМ «Электроника 60»



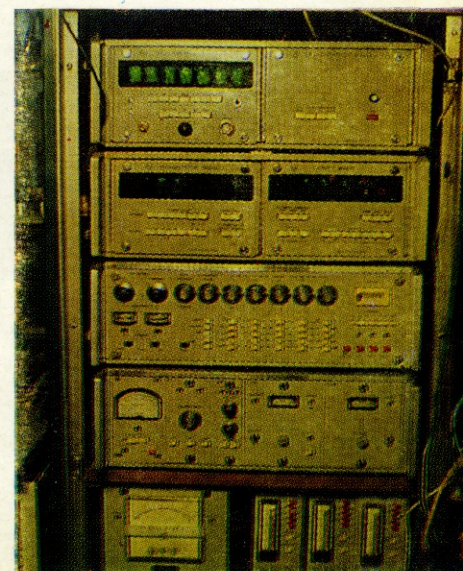
Биореактор (ферментер) комплекса «Альфа-60».

ке ассемблер. Это позволяет вести диалоговую отладку и модификацию программ управления, не прерывая процесса сбора данных.

Все программное обеспечение хранится в электрически перепрограммируемой постоянной памяти, что позволяет минимизировать время рестарта после возникновения нештатных ситуаций (например, отключения сетевого питания) и повысить долговременную надежность комплекса. Комплекс обеспечивает

автоматизированный сбор данных по 30 каналам измерения от различных датчиков (рН,  $pO_2$ , температуры и т. д.), а также диалоговый ввод в ЭВМ текстовых данных и химических формул (для использования в алгоритме управления результатов независимо выполняемых анализов проб).

Программное управление технологическим процессом возможно по 8 непрерывным (от ЦАП) и 16 дискретным (релейным) каналам связи микроЭВМ с исполнительными устройствами.



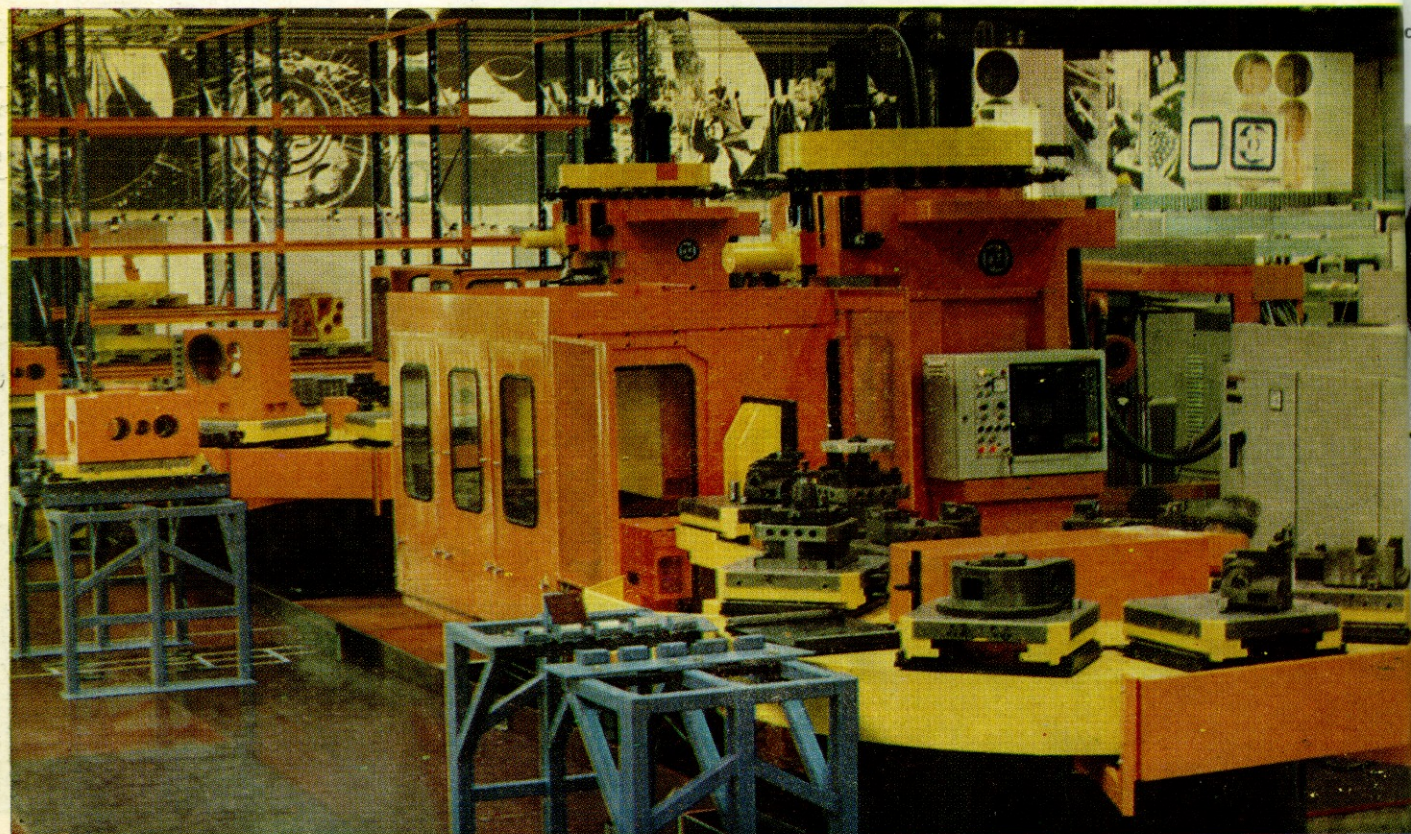
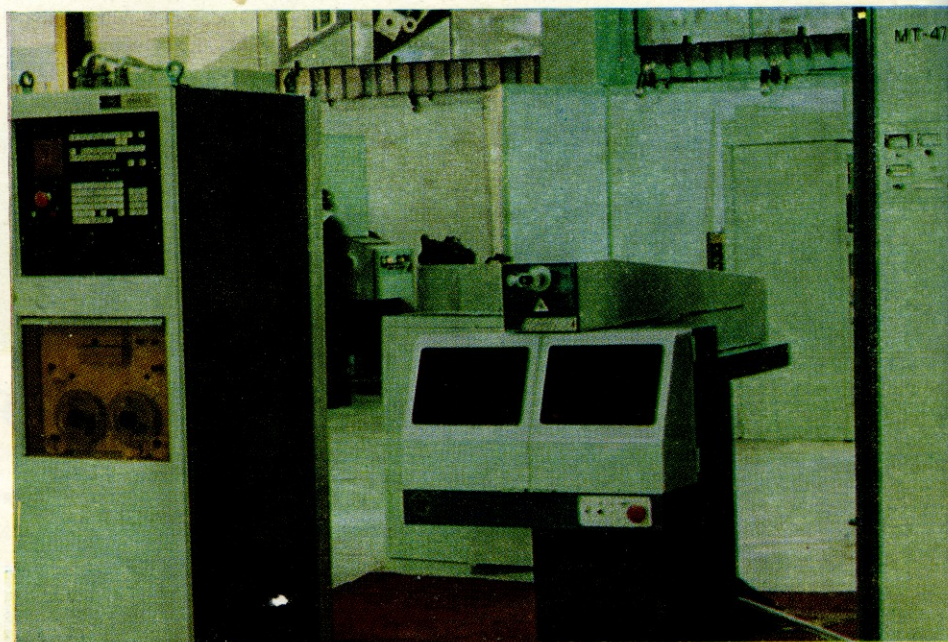
Подсистема сбора данных и управления

# МЕТАЛЛООБРАБОТКА' 84

С 27 марта по 5 апреля 1984 г. в Москве была проведена международная специализированная выставка «Металлообработка'84»

Светолучевой станок с программным управлением 4P222Ф (СССР) — фото сверху

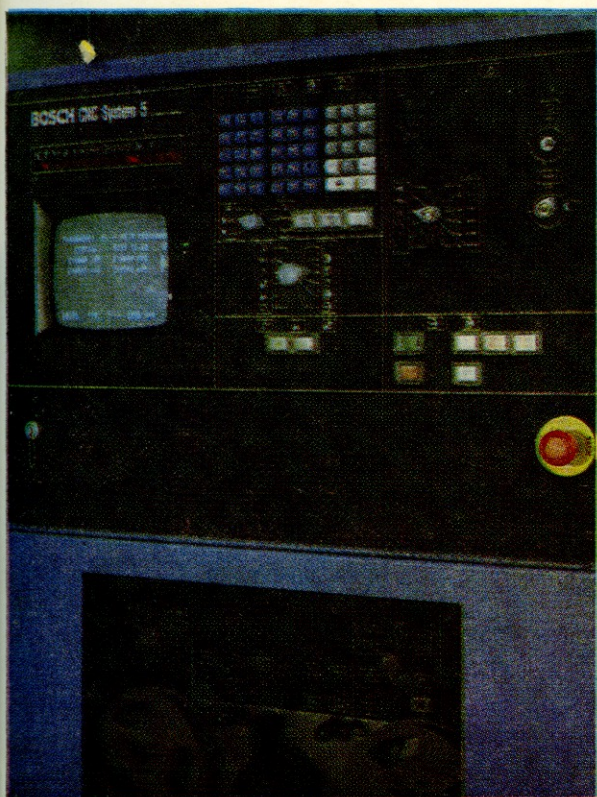
Гибкая производственная система «Талка-500» (СССР) — фото внизу



Система  
оснащен

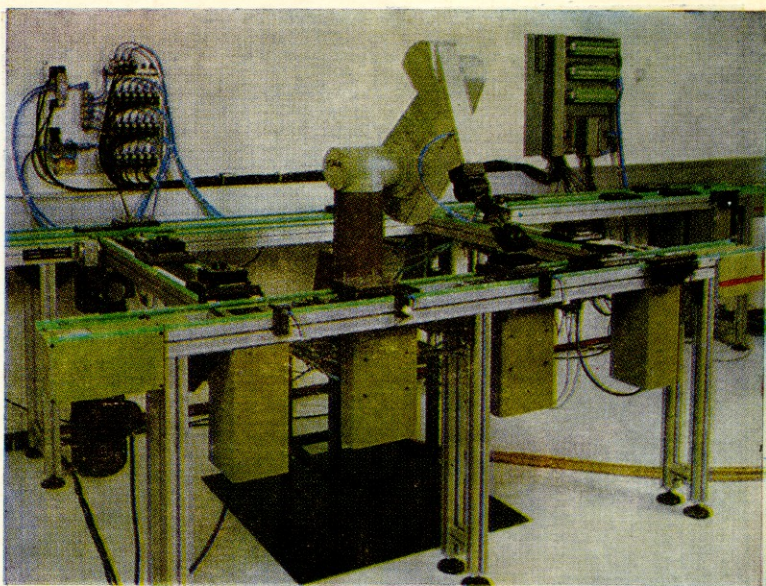
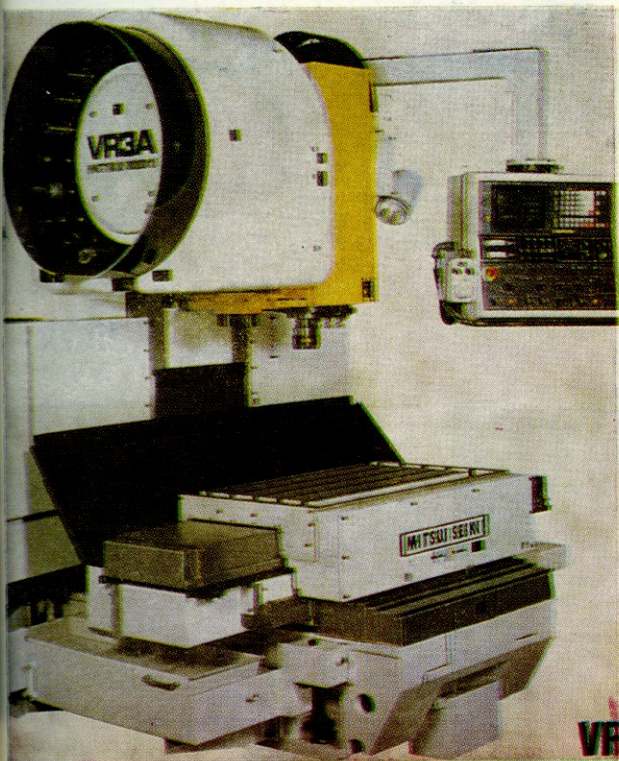
Обработ

фирмы

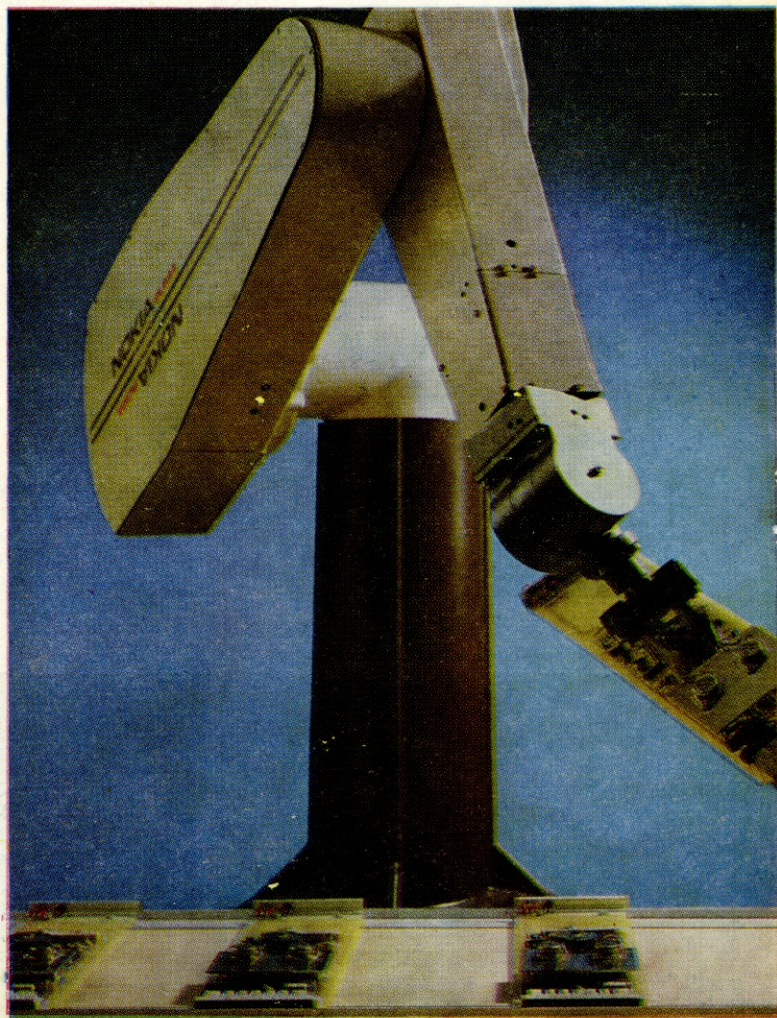


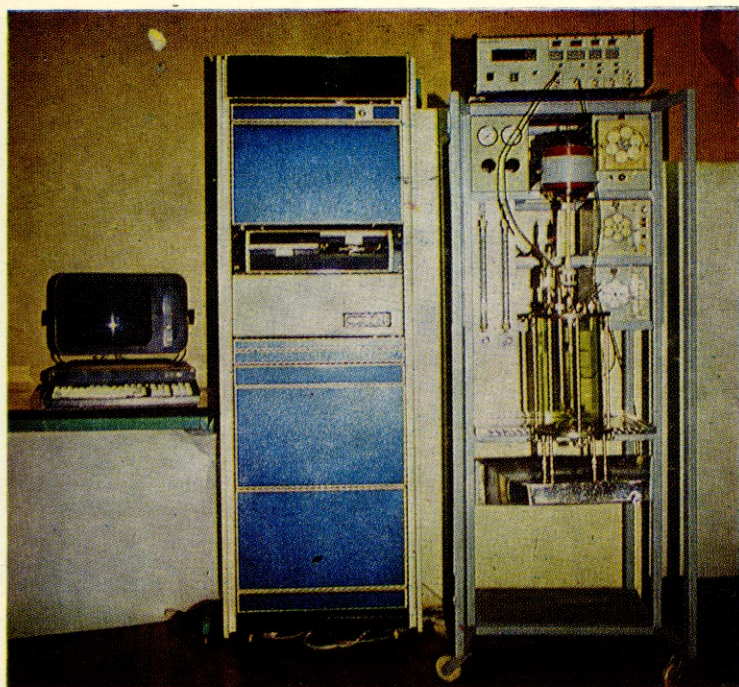
Система ЧПУ CNC System 5 фирмы Bosch (ФРГ) для оснащения станков — фото вверх

Обработка центр вертикального типа с ЧПУ фирмы Mitsui Seiki (Япония) — фото вниз



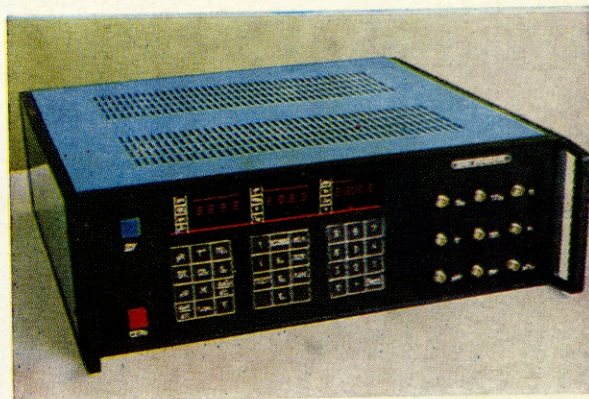
Универсальный сборочный центр, разработанный совместно фирмой Nokia (Финляндия) и Министерством станкостроительной и инструментальной промышленности СССР — фото вверх  
Универсальный робот Рута фирмы Nokia (Финляндия) — фото вниз



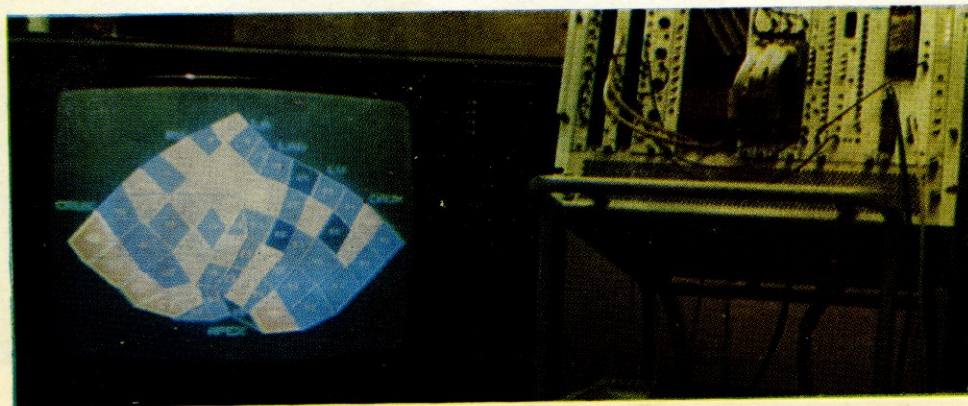


Система автоматического управления процессом ферментации «Автоферм» на основе микроЭВМ «Электроника 60» (фото слева) и блоки управления к этой системе на базе микропроцессорного комплекта КР580 (фото справа) (к ст. Г. А. Угодчикова, Н. А. Блинова, Г. А. Швецова).

## МИКРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФЕРМЕНТАЦИЕЙ



В лабораториях Московского инженерно-физического института учат разрабатывать и применять микропроцессорные средства (к ст. И. Т. Гусева, В. М. Немчинова, А. Г. Филиппова, И. И. Шагурина)



Система диагностики сложных аритмий автоматически картографирует сердце (к ст. М. М. Литвинова, А. В. Якимова, Г. А. Данцевич и др.)

лей  
тур  
уни  
ван  
ком  
дне  
пой  
раб  
лиз

СА  
под  
ко-

лог  
вук  
ми  
пре  
пен

на  
риа  
на  
бот  
ла  
точ  
из  
вол  
чес

ля  
пен  
лен  
ла  
зде  
ки  
но  
по  
гра  
пи  
ди  
хо

на  
ра  
и  
мо  
ср  
ш  
1.5  
он

ст  
гр

гр  
си  
Те  
сп

ри  
ми

Ю  
ми  
за  
В

ма  
ля  
(

4-

лей разных языков, с другой стороны, согласно структурно-иерархической схеме САРПО РУЗА, созданием унифицированных компонент, реализующих централизованную иерархическую схему. В роли унифицированных компонент выступают монитор САРПО РУЗА и типовой диспетчер, настраиваемый на работу с каждой конкретной подсистемой. На основе стандартизации операций работы с базой данных САРПО РУЗА созданы централизованные средства управления базой данных.

Гибкость централизованно-иерархической схемы САРПО РУЗА достаточно высокая; для подключения подсистемы к диспетчеру требуется 12—15 человеко-дней, а к монитору — 5—7 человеко-дней.

Включение подсистемы в САРПО РУЗА и проверка логических связей в подсистеме и между взаимодействующими подсистемами завершается приемо-сдаточными испытаниями, цель которых — проверить выполнение предписанных функций подсистемы и определить степень ее готовности к работе в составе всей системы.

Подсистема, прошедшая испытания, переписывается на магнитный диск; у разработчика остаются два варианта подсистемы: один — точная копия находящегося на системном носителе, а другой — для автономных работ по развитию подсистемы. Система комплексно отлаживалась и проверялась тестовой задачей — достаточно представительной группой программ, отобранных из реальных программных комплексов; последнее позволило уменьшить трудоемкость создания теста, количество ошибок в тексте и ошибок связей.

Последовательность наращивания системы определяется функциональным назначением подсистем, степенью их отлаженности и готовности. По каждой выявленной ошибке (или несоответствию) в журнале делалась запись, которая визировалась разработчиком и здесь же оформлялось решение по ее исправлению. Сроки определялись степенью влияния ошибки на возможность продолжения комплексных работ. Разработчик подсистемы устранял ошибки на личных копиях программ, используя централизованную базу данных с копией тестовой задачи и под управлением монитора и диалоговых средств системы. Скорректированный исходный текст передавался на системный диск.

САРПО РУЗА комплексно отлажена и проверена на тестовой задаче, содержащей около 90 программ разных типов и связанных между собой по управлению и информации. При этом количество корректированных модулей — 30—40% от общего их числа в подсистеме; среднее количество корректировок одного модуля из общего числа корректировавшихся модулей подсистемы — 1,5—2 раза; среднее время корректировки одного типа ошибок — 2—5 дней.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рауд Р. К., Тамм Б. Г. Состояние в области программирования для микроЭВМ: обзор. — Программирование, 1982, № 5, с. 31—43.
2. Штрик А. А. Автоматизация разработки программ специализированных ЭВМ в технологической системе РУЗА. — В кн.: Программное обеспечение АСУ: Тез. докл. Всесоюз. конф. — Калинин, Центропрограмм-систем, 1983, с. 89—90.
3. Серебровский Л. А., Липаев В. В. Алгоритмические языки для специализированных мини- и микроЭВМ. — Программирование, 1981, № 6, с. 64—71.
4. Месних И. Г., Штрик А. А., Эпштейн Ю. М. Унифицированные средства управления системами автоматизации разработки ПО. — В кн.: Автоматизация проектирования и конструирования: Тез. докл. Всесоюз. конф. Ленинград. — М.: ИПУ АН СССР, 1983.
5. Липаев В. В., Каганов Ф. А. Система автоматизации технологии разработки комплексов управляющих программ для микропроцессоров и микроЭВМ (ТЕМП). Управляющие системы и машины, 1980, № 1.

Статья поступила 1 декабря 1983 г.

УДК 681.3.068

М. А. Алексеевский, Ю. А. Маслеников,  
В. Ф. Петренко, А. В. Шебаршин

## СТАНДАРТНОЕ РЕЗИДЕНТНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА С5»

На разработку стандартного программного обеспечения (СПО) микроЭВМ влияет невысокая стоимость, большая серийность, возрастающий объем прикладного программирования микропроцессорных средств [1]. Для начальных этапов развития микроЭВМ «Электроника С5» характерна концентрация усилий на создании кросс-средств автоматизации разработки программ [2, 3]. Стандартные резидентные программы (СРП) были рассчитаны на оснащение минимальных конфигураций микроЭВМ диспетчерской системой, ориентированной на работу с телетайпным аппаратом (ТА) [3, 4]. Впоследствии СРП были дополнены автономной системой ввода-вывода (АСВВ) — комплексом программ, обеспечивающим взаимодействие целевой (прикладной) программы с фотосчитывателем (ФС), перфоратором ленточным (ПЛ) и кассетным накопителем на магнитном (гибком) диске (НМД). В режиме отладки этот комплекс программ обеспечивает пользователю ввод и вывод перфоленточного носителя исходных, промежуточных и объектных текстов отлаживаемых программ, а также хранение, каталогизацию на НМД и вызов их в оперативную память микроЭВМ. Характерной особенностью перечисленных средств — диспетчерской системы, АСВВ и транслятора с автокода, является реализация и поставка их в БИС ПЗУ микроЭВМ наряду с перфоленточным носителем. Опыт использования СРП в первых моделях микроЭВМ «Электроника С5» и появление новых моделей [5, 6] определили необходимость построения СРП, отвечающих следующим принципам:

— минимальный отладочный комплекс для потребителя должен быть оснащен в первую очередь автономными программными средствами обмена с ТА, ФС, ПЛ, НМД, обеспечивающими все необходимые режимы ввода, хранения и вывода отлаживаемых программ;

— АСВВ должна обеспечивать совместимость выходных перфолент с перфолентой для системы заказа и документирования БИС ПЗУ целевых программ [7] по форматам и принципам контроля и гарантировать возможность их использования в мультипрограм-

мною режиме при совместной работе с диспетчерской системой;

— диспетчерская система должна предусматривать мультипрограммный режим работы целевых задач и ВУ и содержать версии, ориентированные на работу в однопользовательских и многопользовательских комплексах.

Учет этих принципов позволил создать иерархическую систему СРП, опирающуюся на параметры различных уровней памяти и схемно-программные соглашения по организации обмена с ВУ [8]. На нижнем уровне иерархии расположена автономная система ввода-вывода микроЭВМ «Электроника С5-21М» (АСВВ21) или набор программ, позволяющий организовать обмен с ТА, ФС, ПЛ, НМД, обращаясь к ним как к подпрограммам с пульта микроЭВМ или из целевой программы. Этот набор программ сделан полностью перемещаемым по памяти программ и по рабочему полю оперативной памяти. Объем АСВВ21 равен 1К слов, что соответствует минимальному физическому конструктиву ПЗУ микроЭВМ «Электроника С5-21М». АСВВ21 может поставляться в виде перфокарты или в составе микроЭВМ в БИС ПЗУ. В одном из режимов выдачи на перфокарту АСВВ21 осуществляет подготовку и контроль информации для ввода ее в систему заказа и документирования целевых БИС ПЗУ. Минимальный состав аппаратуры, обеспечивающий работу с АСВВ21 в отладочном режиме, включает микроЭВМ с функциональными модулями пульта, оперативной памяти и связи с ТА, ФС, ПЛ. Этот комплект может быть дополнен модулем связи с НМД. Следующий уровень иерархии СРП занимает диспетчерская система ДС80, организующая в однопользовательском комплексе мультипрограммную работу целевых групп задач и ВУ. Полностью перемещаемые программы ДС80 занимают объем 2К слов. В качестве подсистемы ввода-вывода для организации обмена с ТА, ФС, ПЛ, НМД используется АСВВ21.

Из-за ограничений по памяти мультипрограммный режим использования ВУ реализован только при обмене с ТА. В то же время в ДС80 предусмотрены средства, позволяющие пользователю при необходимости расширить диспетчерскую систему программами, организующими мультипрограммный режим работы остальных ВУ. Верхним уровнем СРП является диспетчерская система ДС81, организующая мультипрограммную работу микроЭВМ, групп целевых задач и ВУ в многопользовательском комплексе на основе микроЭВМ «Электроника С5-21М». Ее объем — 3К слов. В качестве подсистемы она использует АСВВ21.

В состав СРП входит пакет стандартных программ арифметических вычислений с

двойной длиной и плавающей запятой, вычислений тригонометрических функций, а также подпрограмм переводов. Объем пакета равен 3К слов. Подпрограммы выполнены в перемещаемом виде и могут поставляться в виде перфокарты или в БИС ПЗУ.

Описанные СРП являются ядром, обеспечивающим работу резидентных средств автоматизации программирования на основе дисковой операционной системы (ДОС) микроЭВМ «Электроника С5-21М». ДОС предназначена для объединения в едином комплексе всех резидентных средств автоматизации программирования с использованием преимуществ дискового накопителя. Она применяется в технологическом режиме для организации архива файлов и отладки программ. Метод общения с пользователем — диалоговый.

Техническую базу ДОС составляет комплекс 15УТ-1, включающий микроЭВМ «Электроника С5-21М», пульт программиста, адаптер НМД и обеспечивающий работу с ФС, ПЛ, ТА, дисплеем. ДОС осуществляет прием, расшифровку, исполнение директив пользователя (организация архива на диске, работа с файлами, обмен с ВУ, редактирование, трансляция, загрузка, контроль и т. д. — всего 30 директив). Особенности ДОС — перемещаемость всей ДОС и отдельных частей, генерация версии с требуемыми функциональными возможностями, режим пакетного исполнения директив, организация нескольких архивов и работа с ними, возможность расширения функций, динамическое распределение памяти. Объем ДОС — 8К слов.

Одна из подсистем ДОС — подсистема дискового обслуживания (ПДО) представляет собой автономный модуль с комплектом эксплуатационных документов, годный для индивидуальной поставки. ПДО обеспечивает режим произвольного доступа к информации на диске благодаря организации работы с именными массивами информации. Эта подсистема осуществляет организацию и ведение архива файлов, обмен файлами и их частями, каталогизацию, чтение, запись, уничтожение файлов, автоматическое распределение дисковой памяти. ПДО предоставляет возможность доступа к файлам при минимальных затратах времени, работу в мультипрограммном режиме, перемещаемость, одновременную работу с несколькими (до восьми) файлами. Максимальное число файлов в архиве составляет 124, максимальный размер файла — 64 Кбайт, объем ПДО — 2К слов.

Подсистема для работы с дисплеем и клавиатурой обеспечивает включение дисплейного адаптера, настройку его на стандартные или заданные форматы отображения, доступ к памяти дисплея, смену места отображения,

а также работу с пультом. Программы рассчитаны на работу в составе системы на основе микроЭВМ «Электроника С5-21М», включающей модуль дисплейного адаптера с видеоконтрольным устройством (цветным или черно-белым) и пультом типа БВИ-8. Объем перемещаемых программ дисплейной подсистемы равен 2К слов.

Резидентные средства автоматизации программирования (РСАП) предназначены для автоматизации процесса программирования и отладки целевых программ микроЭВМ «Электроника С5-21М» на отладочных комплексах типа 15УТ-1, включающих микроЭВМ и требуемый набор функциональных модулей. РСАП содержат средства написания программ на входных языках РСАП, трансляции их на внутренний язык РСАП, объединения отдельно транслированных задач и запуска их на счет, а также средства редактирования текстов программ, написанных на входном языке и документирования результатов отдельных этапов процесса программирования и отладки.

Входные языки РСАП включают Бейсик, автокод, язык макрорасширений и язык директив монитора. В состав программных средств РСАП входят: программа-монитор, препроцессор макрорасширений, транслятор с автокода, загрузчик, текстовый редактор, компилятор с языка Бейсик, программа выдачи рабочей документации.

РСАП предназначена для применения на отладочных комплексах типа 15УТ-1, оснащенных АСВВ21 и ПДО. РСАП рассчитана на использование как полного, так и неполного набора периферийных устройств, предусмотренного в отладочных комплексах 15УТ-1. Минимальный набор устройств, необходимый для эксплуатации РСАП, включает ТА, ПЛ, ФС и пульт микроЭВМ «Электроника С5-21М». При такой комплектации основным носителем функциональных модулей и обрабатываемых программ на входных языках является перфолента. Поэтому версия, рассчитанная на использование минимального набора периферийных устройств, называется перфоленточной версией РСАП. Ее объем составляет 6К слов.

Включение в число действующих периферийных устройств НМД приводит к качественному изменению возможностей РСАП за счет организации архива пользователей на НМД. Последний дает возможность организовать загрузчик, редактор и программу выдачи эксплуатационной документации и представить РСАП в виде пакета программ, работающих под управлением ДОС. Добавление дисплейного терминала создает удобства эксплуатации РСАП при обмене информацией с функциональными модулями.

Специфика использования микроЭВМ «Электроника С5-21М» потребовала реализации языка Бейсик способом компиляции, обеспечивающим получение объектного модуля, пригодного к объединению на стадии загрузки с другими объектными модулями программ, написанных как на языке Бейсик, так и на автокоде. Его реализация в составе РСАП потребовала ввода ряда дополнительных операторов, отражающих особенности РСАП и микроЭВМ. Эксплуатация компилятора с языка Бейсик возможна только в отладочных комплексах 15УТ-1, оснащенных НМД. Компилятор в таких системах представляет собой программный пакет, работающий под управлением ДОС. Объем компилятора составляет 18 слов. Эксплуатация РСАП проводится по единому комплексу эксплуатационной документации независимо от комплектации отладочного комплекса.

Опытное и промышленное использование компонентов СРП показало, что они представляют собой логически заверченный инструмент проектирования целевых программ микроЭВМ «Электроника С5» для систем управления, обработки и передачи данных на основе однокристалльных, одноплатных и многоплатных модификаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеевский М. А., Евзович И. С., Шебаршин А. В. Математическое обеспечение микроЭВМ. — Тез. докл. Всесоюзного совещания «Микропроцессоры». — Рига, ИЭВТ АН Латв. ССР, 1975, с. 115.
2. Алексеевский М. А., Маслеников Ю. А., Петренко В. Ф., Шебаршин А. В. Стандартное программное обеспечение управляющих комплексов на базе микроЭВМ. — Материалы к краткосрочному семинару «Проектирование средств вычислительной техники на основе БИС», Ленинград, ЛДНТП, 1976, с. 11—12.
3. Гальперин М. П., Маслеников Ю. А., Никитин Э. А., Шебаршин А. В. Принципы создания программного обеспечения микроЭВМ семейства «Электроника С5». — Электронная промышленность, 1978, вып. 5, с. 35—36.
4. Маслеников Ю. А. Развитие программного обеспечения микроЭВМ «Электроника С5». — Электронная промышленность, 1979, вып. 11—12, с. 108—114.
5. Кузнецов В. Я., Маслеников Ю. А., Никитин Э. А., Цветов В. П. Развитие микроЭВМ «Электроника С5» и систем на их основе. — Там же.
6. Гальперин М. П., Жуков Е. И., Панкин В. Е., Селиванов В. И. Принципы построения микроэлектронных устройств сопряжения для микроЭВМ «Электроника С5». — Там же, с. 103—105.
7. Любич Л. Г., Скворцов А. Е., Шебаршин А. В. Автоматизированная система документирования разработок и заказа БИС ПЗУ микроЭВМ. — Электронная техника. Сер. 3, 1978, вып. 3, с. 43—47.
8. МикроЭВМ «Электроника С5» и их применение/Гальперин М. П., Кузнецов В. Я., Маслеников Ю. А. и др. Под ред. В. М. Пролейко. М.: Сов. радио, 1980.

Статья поступила 9 декабря 1983 г.

УДК 681.325.5+681.326—181.48

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА В БИОТЕХНОЛОГИИ

Одной из важнейших задач социально-экономического развития нашей страны в одиннадцатой и двенадцатой пятилетках является выполнение принятой майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС Продовольственной программы СССР. Ее выполнением в числе других отраслей агропромышленного комплекса занята и микробиологическая промышленность, более 80% продукции которой предназначено для сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Со времени основания микробиологической промышленности как самостоятельной отрасли среднегодовые (за три пятилетки) темпы роста промышленного производства убедительно характеризуют высокую эффективность микробиологических производств. Отрасль развивается главным образом за счет факторов интенсификации производства — повышения продуктивности промышленных штаммов микроорганизмов, оптимизации режимов технологических

процессов, повышения культуры производства и качества продукции.

### *Промышленная микробиология — народному хозяйству*

На перспективу перед отраслью поставлена задача: увеличить объем производства кормового белка, лизина, витамина В<sub>2</sub>, премиксов, организовать промышленный выпуск новых кормовых аминокислот, антибиотиков и ферментных препаратов. За счет улучшения использования имеющихся мощностей, строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий необходимо обеспечить выпуск микробиологического белка, аминокислот, а также ферментных препаратов, микроэлементов, отдельных видов антибиотиков и витаминов в количествах, полностью удовлетворяющих потребности сельского хозяйства. Решение этой задачи позволит только за счет использования в кор-



**КАЛИНИН  
ЮРИЙ ТИХОНОВИЧ**  
*Первый заместитель начальника  
Главного управления  
микробиологической промышленности  
при Совете  
Министров СССР*

мопроизводстве белка и лизина для балансирования кормов высвободить десятки миллионов тонн зерна и получить дополнительно миллионы тонн мяса.

Растениеводство получит высокоэффективные и экологически безопасные средства защиты растений. Увеличится выпуск ферментов и мультиэнзимных композиций для мясной и рыбной, спиртовой и крахмалопаточной промышленности, виноделия и пивоварения, хлебопечения и сыроварения — практически для всех отраслей пищевой промышленности. Их номенклатура расширится за счет новых научных разработок. Будут разработаны процессы с использованием ферментов в кожевенной, меховой, парфюмерной промышленности, в льнопереработке, в производстве мощных средств.

Созданная в последние годы новая научно-техническая подотрасль — биотехнология, основанная на современных достижениях в области молекулярной биологии и генетики, делает микробиологическое производство еще более массовым.

Несмотря на различия в существующих оценках потенциальных возможностей генной инженерии и современной биотехнологии, развиваемой на ее основе, влияние ее на экономику развитых стран неуклонно растет. По новой технологии будут производиться такие продукты, как аминокислоты, витамины, ферменты, стероидные и пептидные гормоны, вакцины, различные белки, антибиотики, пестициды.

С помощью методов генной инженерии уже сейчас добываются повы-

**ОТ РЕДАКЦИИ.** Микропроцессоры, робототехника и биотехнология — три важнейшие направления научно-технического прогресса в 80-х годах.

В 1-м номере «МП» мы начали серию статей о применении микропроцессоров в робототехнике и ГАП. В этом номере предлагаем вниманию читателей цикл работ по применению микроЭВМ в биотехнологии.

Биотехнологические процессы относятся к числу сложных производственных процессов, поэтому есть основания предполагать, что значительная часть технических и программных средств, созданных для решения конкретных задач управления этими процессами, найдут применение и за пределами рассматриваемой проблемной области.

Для читателей, которых интересует возможность использования предложенных ниже систем или отдельных технических решений, кратко поясним особенности применения микроЭВМ в системах управления биотехнологическими процессами.

Основой лабораторной или промышленной установки микробиологического синтеза является биореактор (ферментер) — сосуд, в котором в строго определенных условиях выращиваются микроорганизмы. Результатом биотехнологического процесса является получение конкретно заданных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов — метаболитов.

Для контроля процессов биосинтеза, а также для поддержания заданных специфических условий в ферментерах требуются специальные датчики: кислотности (рН), парциального давления кислорода (рО<sub>2</sub>), температуры, расхода компонентов питательных сред и т. д. Управление ферментативным процессом в ходе микробиологического синтеза обеспечивают исполнительные устройства, управляющие расходом питательных сред, режимами аэрации, температурой, титрантами рН и другими параметрами биотехнологических процессов.

Управление биотехнологическим процессом оказывается более эффективным при использовании микроЭВМ, которые обеспечивают автоматизированный сбор данных от датчиков параметров процесса, обработку этих данных в реальном масштабе времени и выдачу управляющих сигналов на исполнительные устройства биореактора.

ЕВ

шения урожайности культур, снижения потребления удобрений, ускорения роста скота, сокращения падежа молодняка и взрослых животных, осуществляется клональное (выращивание из одной клетки) размножение и оздоровление растений (картофеля, сахарной свеклы, люцерны и цветочно-декоративных растений), разрабатываются методы клеточной селекции растений (картофель, рис, ячмень; кормовые травы, табак), способы производства простогландинов и их аналогов, способ получения моноклональных антител для диагностики заболеваний (гепатита А и В, инфаркта миокарда и др.), на основе иммобилизованных ферментов отрабатывается технология получения сахаров из целлюлозосодержащих отходов. К настоящему времени в СССР методами генной инженерии получены штаммы-продуценты интерферона (АН СССР и Главмикробиопром) и штаммы-продуценты витамина В<sub>2</sub>, аминокислот (треонина и гомосерина). Штамм-продуцент треонина защищен патентами в США и других странах. Синтезирован ген инсулина человека, получен ген фибробластного интерферона. Эти достижения явились своего рода катализатором широкого развития инструментального обеспечения биотехнологических исследований, включая разработку принципиально нового автоматизированного оборудования и комплексных установок, контрольно-измерительной техники, а также автоматизированных систем научных исследований (АСНИ).

Наиболее актуальными проблемами АСНИ микробиологических процессов в микробиологии являются:

- оптимизация процессов микробиологического синтеза с целью получения максимального выхода целевого продукта;
- изучение динамики популяций микроорганизмов;
- исследование кинетики микробиологических процессов;
- изучение вопросов масштабирования процессов;
- получение новых высокопродуктивных штаммов микроорганизмов.

Для решения этих задач необходимо оснастить исследовательские лаборатории автоматизированными комплексами на базе микроЭВМ и микропроцессоров.

#### **Микропроцессорные средства — ключ к решению проблем автоматизации биотехнологических процессов**

Дальнейшее развитие физико-химической биологии, биоорганической химии, иммунологии, энзимологии, генной инженерии и гибридной технологии потребует радикально из-

менить многие традиционные технологические процессы и аппаратное оформление. Эти направления будут базироваться на автоматизированных системах управления научными исследованиями (АСНИ) и технологическими процессами (АСУ ТП). Для ускорения их внедрения ученые микробиологической промышленности установили творческие связи с учреждениями и специалистами Академии наук СССР, Академии наук союзных республик, ВАСХНИЛ и институтов Минприбора, Минвуза, Минхиммаша и других министерств и ведомств СССР. Запланированы совместные работы по созданию и внедрению автоматизированных систем управления технологическими процессами с применением ЭВМ и микропроцессоров. При разработке АСУ ТП прежде всего учитываются особенности микробиологического производства.

Как правило, типовая структура такого производства содержит следующие стадии: приготовление питательной среды, микробиологический синтез (ферментация), концентрирование и очистка культуральной жидкости, сушка, стандартизация и упаковка продукции. В свою очередь каждая стадия этого многозвенного процесса включает в себя комплекс операций, требующих строгого контроля за их осуществлением. Например, на стадии приготовления питательных сред, необходимо оценивать качество сырья, порядок подачи его в аппарат, оптимизировать режим средоприготовления; на стадии ферментации — подготовку аппаратуры к приему питательной среды, прием питательной среды, посев культуры, ведение режима биосинтеза в соответствии с параметрами, заложенными в регламент и т. д.

Следует отметить, что в настоящее время особенно актуальным является уже не просто аппаратное обеспечение сбора, регистрации и переработки биотехнологической информации, а непосредственное управление процессами с помощью ЭВМ.

Утверждены программы работ по созданию АСУ ТП на базе микропроцессорной техники на предприятиях микробиологической промышленности, а также по разработке и выпуску специализированных приборов и средств автоматизации, необходимых для комплектации АСУ ТП.

На ряде заводов отрасли уже функционируют опытные образцы специализированных управляющих комплексов на стадии ферментации («Биоцикл») и концентрирования (УПС — управление процессом сепарирования). Оба комплекса реализованы на базе технических средств для локальных информационно-управляющих систем КТС ЛИУС-2 и обеспечивают выполнение функций АСУ ТП нижнего и среднего уровня. Это позволяет применять их для автома-

тизации практически любых известных аппаратов-ферментеров и сепараторов. Опытные промышленные испытания образцов комплексов «Биоцикл» и УПС были успешно проведены на Бердском химическом заводе. Эксплуатация комплексов на примере одного цеха показала, что реализация их только на одном заводе позволит получить годовой экономический эффект в 800 тыс. руб.

Следует отметить, что широкое внедрение АСУ ТП на базе микроЭВМ и микропроцессоров в практику микробиологических производств сдерживается отсутствием датчиков контроля технологических процессов. В работе по их созданию участвует большое число научных учреждений и опытно-конструкторских бюро ряда министерств и ведомств, однако пока еще без достаточной централизации.

В настоящее время Научно-техническим советом Главмикробиопрома и Академией наук СССР принято решение о создании единой комплексной программы, которая скоординирует усилия разработчиков в этом направлении. Большая роль в ней будет отведена созданному в 1983 г. в г. Горьком научно-исследовательскому центру по автоматизации исследований в области физико-химической биологии (НИЦ «Биоавтоматика»).

Первая статья предлагаемого ниже цикла посвящена итогам разработки управляющего комплекса «Альфа-60», созданного в Научном центре биологических исследований АН СССР в г. Пушкино коллективом сотрудников Института биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР и Научно-исследовательского вычислительного центра АН СССР.

Вторая статья посвящена результатам разработки коллективом сотрудников учреждений Министерства здравоохранения СССР и Главмикробиопрома системы автоматизации ферментационных процессов «Автоферм».

Это первые в нашей стране системы управления (соответственно исследовательским и промышленным) биотехнологическими процессами, на которых отрабатываются принципы микропроцессорного управления установками биосинтеза.

Публикуемые результаты научных достижений НИВЦ АН СССР, ИБФМ АН СССР и НИЦ «Биоавтоматика» Главмикробиопрома по созданию автоматизированных систем для управления культивирования микроорганизмов являются хорошими примерами применения микропроцессорной техники для оптимизации технологических процессов микробиологических производств и раскрывают положительную перспективу на дальнейшее развитие биотехнологии по пути интенсификации.

Г. Р. Громов, Н. В. Ширшиков, Л. А. Литвиненко

## МИКРОМАШИННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Аппаратно-программный комплекс «Альфа-60» (см. фото на первой странице вкладки) на базе двух функционально связанных микроЭВМ «Электроника 60» разработан для автоматизации биотехнологических экспериментов и может быть использован в системах гибкого управления широким классом технологических процессов.

### Введение

Исследования по одному из основных разделов биотехнологии — физиологии роста микроорганизмов, выполняемые на аппаратуре непрерывного культивирования типа «АНКУМ» и других аппаратах данного класса, сопряжены с постановкой длительных (месяц и более) круглосуточных экспериментов и проводятся в асептических (стерильных) условиях. В ходе такого эксперимента требуется собрать, обработать и использовать для управления биотехнологическим процессом большой объем информации о состоянии аппаратуры и объекта культивирования. Вся используемая аппаратура должна устойчиво работать в непосредственной близости от источников перегретого пара, в атмосфере летучих компонент культуральных жидкостей, а также в условиях воздействия интенсивных электромагнитных помех от мощных реле, электродвигателей и других приборов, обеспечивающих микробиологический эксперимент.

Часть информации о контролируемом процессе поступает в микроЭВМ с заданной периодичностью непосредственно от измерительной аппаратуры (число оборотов перемешивающего устройства ферментера, температура, кислотность pH, оптическая плотность культуры, парциальное давление кислорода  $pO_2$ , выходные сигналы каналов дозирования и др.). Другая часть информации вводится с пульта и представляет собой результаты аналитических определений состава проб питательных сред и культуральных жидкостей, активности ферментов и т. д., выполненных на лабораторных приборах, не входящих в состав управляющего комплекса.

Накоплению и первичной статистической обработке данных предшествует вычисление вторичных величин на основе аналитических определений и измерений. Вычисляемыми величинами могут быть удельные скорости роста, дыхания, подкисления среды культивирования или ее подщелачивания; удельные выходные нагрузки веществами, удельные по-

требности клеток в тех или иных веществах, коэффициенты и т. п.

Перед анализом экспериментальных данных необходимо дополнительно «привязывать» с помощью специальных вычислительных процедур результаты аналитических определений к состоянию микробиологического процесса в момент отбора соответствующей пробы. Этой привязке часто предшествует предварительная обработка данных.

Общее число используемых в микробиологическом эксперименте датчиков измеряемых величин, например, для аппаратуры типа «АНКУМ», — 10—15.

Дыхательная активность микробной культуры, измеряемая с помощью датчиков парциального давления кислорода ( $pO_2$ ) относится к наиболее «быстрым» параметрам микробиологического процесса; сигнал датчика температуры — к наиболее «медленным». Период опроса этих крайних по инерционности датчиков различается в 10—100 раз.

Суммарный объем накопленной за эксперимент информации в зависимости от темпа опроса датчиков, их числа и длительности опыта — 0,5—50 Мбайт.

### Персональная ориентация комплекса

Несмотря на известную общность средств реализации микробиологических экспериментов (аппаратных, алгоритмических, программных), характеристика, объем и сложность каждого отдельного эксперимента определяются в основном, как конкретной задачей, так и текущим этапом исследования. Кроме этих объективных факторов, индивидуальность научных интересов исследователя — также один из существенных, хотя и субъективных факторов, определяющих архитектуру конкретного эксперимента, так как проявляется не только при формулировании целей и задач, но и существенно влияет на интерпретацию результатов. Поэтому при создании управляющего исследовательского комплекса автоматизации биотехнологических экспериментов на базе микроЭВМ была поставлена дополнительная цель: разработать гибкую технологию программирования комплекса, в рамках которой традиционно наиболее трудоемкая для программиста задача — формализация профессиональных знаний биолога, оказалась бы посильной для самого но-

сителя этих знаний — профессионала в данной предметной области [1]. При этом за программистом оставались бы функции создания базового программного обеспечения, а также системное сопровождение разработки пакета прикладных программ пользователя [2].

Системное программное обеспечение комплекса имеет модульную структуру, причем каждая очередная версия открыта для расширения и модификации. Программист разрабатывает и модифицирует системные программы на инструментальной мини-ЭВМ типа СМ-4. Задачу на модификацию и расширение библиотеки системных программ ставит в основном биолог-экспериментатор запросами, возникающими у него при формализации его профессиональных знаний, методик и навыков [1]. Когда необходимые биологу-экспериментатору программные средства в очередной раз выходят за рамки функциональных возможностей освоенной им версии языка «Бейсик», он сообщает об этом программисту, задача которого, соответственно — расширить возможности языка «Бейсик» в указанном пользователем направлении, используя аппарат внешних функций [3].

## Структура комплекса

Структурно-функциональная схема комплекса «Альфа-60» приведена на рис. 1. Сигналы с аналоговых датчиков, число которых может достигать 30, через блок гальванической развязки (1) поступают на вход серийной [4] цифровой измерительной системы К484.2 (2). Ее основное назначение — аналого-цифровое преобразование сигналов датчиков и формирование первичной единицы данных — кадра опроса датчиков. Период опроса датчиков выбирается от 20 с до 2 ч. Блок сопряжения (3) связывает систему К484.2 с микроЭВМ «Электроника 60»: согласовывает уровни и форматы цифровых сигналов, синхронизирует и передает данные от системы К483.2 к интерфейсной плате И2 микроЭВМ.

Контур управления ферментативным процессом (4) содержит восемь аналоговых управляющих каналов. По ним сигналы поступают от ЦАП на прибор управления «Гамма-3» [5], воздействующий на дозаторы (5). От платы И2 идут также два дискретных канала. Один из каналов управляет реле времени «Гамма-3», другой воздействует на электропневмопреобразователь (6), с помощью которого ЭВМ управляет подачей газов и (или) жидкостей в ферментер.

Манипулируя в диалоге с ЭВМ последовательностью исполнения и параметрами прикладных программ, экспериментатор может

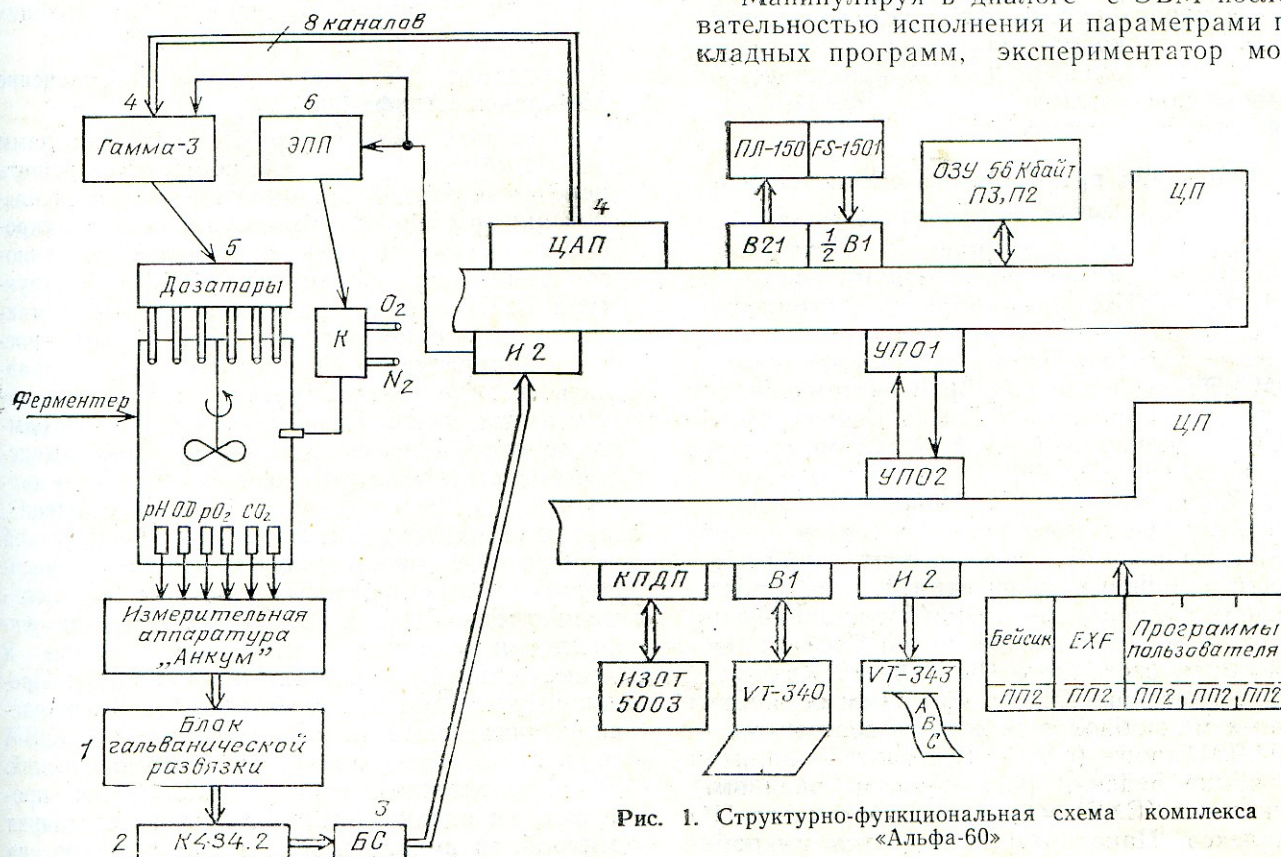


Рис. 1. Структурно-функциональная схема комплекса «Альфа-60»

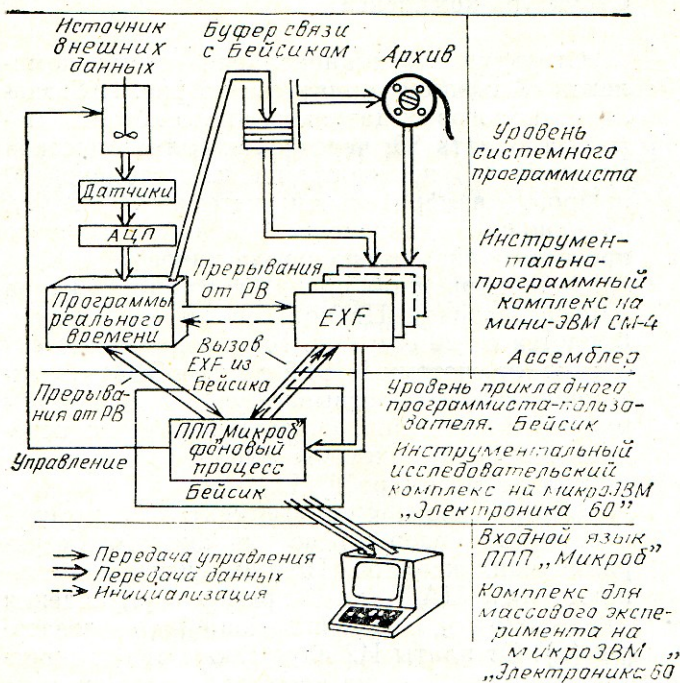


Рис. 2. Структура программного обеспечения аппаратно-программного комплекса «Альфа-60»

производить необходимые ему измерения, анализ характеристик исследуемого процесса, а также гибко управлять ферментативным процессом: изменять дозирование отдельных компонентов питательных сред, режимы аэрации, скорости потока и т. д.

### Структура программного обеспечения

Программное обеспечение (ПО) аппаратно-программного комплекса «Альфа-60» (рис. 2) состоит из трех основных частей:

1. Ядро ПО — диалоговая система Бейсик — готовый программный продукт, поставляемый изготовителем в комплекте микро-ЭВМ «Электроника 60» [3]. В систему Бейсик входят интерпретатор с языка Бейсик (около 8 Кбайт), командный язык, редактор, аппарат внешних функций.

2. К системному ПО «Альфа-60» относятся программы реального времени (обеспечивают работу микро-ЭВМ с экспериментальной установкой в режиме прерываний), библиотека внешних подпрограмм EXF (расширяет функциональные возможности языка Бейсик). Общий объем системного ПО — 8—12 Кбайт.

3. Пакет прикладных программ обработки данных микробиологических экспериментов — ППП «Микроб» (около 24 Кбайт) — написан на языке Бейсик, расширенными функциями (EXF) из состава системного ПО комплекса. Пакет разрабатывается микробиологом в период развертывания и опытной

эксплуатации комплекса «Альфа-60». Входной язык ППП «Микроб» ориентирован на микробиологов, не знакомых с вычислительной техникой, и предоставляет им возможность в режиме диалога гибко управлять экспериментом на языке их предметной области.

Итак, ПО комплекса «Альфа-60» обеспечивает разделение ресурсов микро-ЭВМ в режиме прерываний между задачей реального времени (ввод, предварительная обработка и регистрация экспериментальных данных) и фоновой задачей (работой диалоговой системы Бейсик, в рамках которой функционирует ППП «Микроб»).

Монитор реального времени и система Бейсик вместе с наращиваемой в процессе исследований библиотекой внешних функций [6, 7], хранятся в «неподвижной» внешней памяти микро-ЭВМ. Для реализации такой внешней памяти используется адресное пространство дополнительной микро-ЭВМ, оснащенной модулями РПЗУ типа ПП 2. Такое аппаратное решение для базового ПО комплекса имеет ряд преимуществ: упрощается и резко сокращается процесс перезагрузки ПО, например, после сбоев, внезапного отключения сетевого питания и т. д.; существенно экономится адресное пространство управляющей микро-ЭВМ и в то же время сохраняется возможность оперативного развития и модификации хранимого в постоянной памяти ПО.

### Прикладное математическое обеспечение комплекса «Альфа-60»

Создавая пакет прикладных программ (ППП «Микроб»), авторы попытались решить некоторые задачи обработки экспериментальной информации и гибкого управления микробиологическим процессом в рамках созданного комплекса «ферментер—ЭВМ». Структура ППП определена необходимостью максимально полно использовать возможности аппаратуры [5], позволяющей управлять в ходе эксперимента составом питательной среды. Поэтому, наряду с программами опроса измерительных каналов, вычислением текущих значений параметров по данным измерений и аналитических определений, а также их документированием (распечаткой или регистрацией на промежуточный носитель), часть прикладных программ пользователя предназначена для автоматизации управления составом питательной среды и дозирующими устройствами «Гамма-3». Предусмотрены два основных режима управления: диалоговый полуавтоматический (ЭВМ в режиме «советчика») и автоматический. В автоматическом режиме выполняется программная оценка физиологического состояния микробной культуры и выдача сигналов на исполнительные устройства комплекса: «Гам-

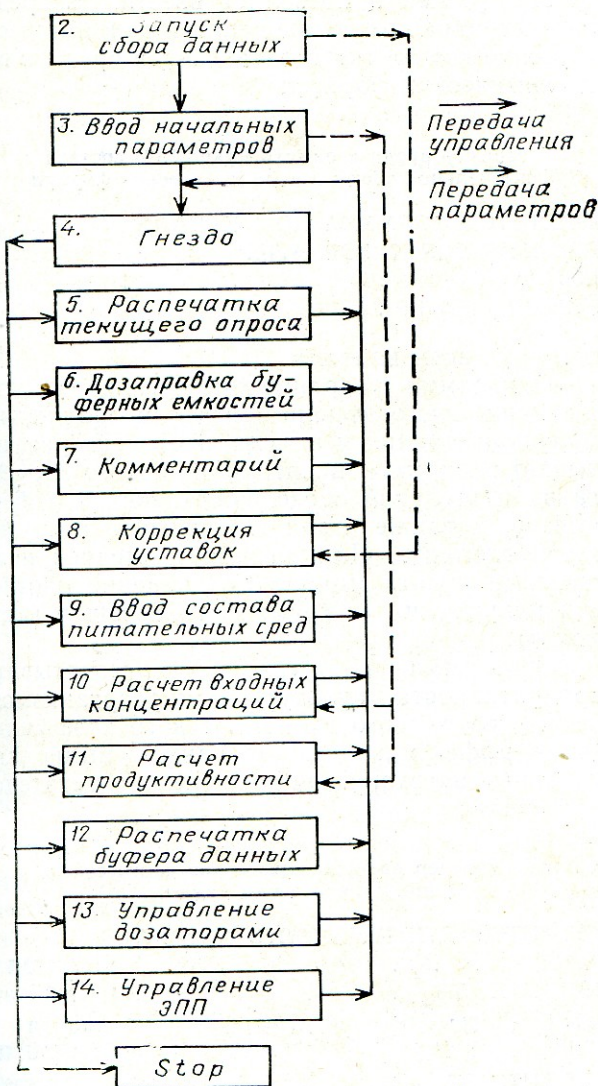


Рис. 3. Раздел предварительной обработки данных ППП «Микроб»

ма-3»; прибор управления оборотами перемешивающего устройства, температурой и т. д., а также на электропневмопреобразователи (ЭПП).

Работа ППП «Микроб» начинается с выполнения «стартовых» программ, готовящих буферные области памяти в ОЗУ «Электроника 60» для накопления данных, получаемых в реальном времени от аппарата культивирования. При выполнении этих программ в диалоге с микробиологом определяется тип использования того или иного измерительного канала (по темпу опроса датчиков: быстрые, медленные), тип промежуточного носителя (перфолента или магнитная лента), на который выводятся данные после предварительной обработки, — лабораторный архив и т. д.

После выполнения «стартовых» программ биологу выдается сообщение «Связь с ферментером включена», и начинает работать диалоговая программа ввода с клавиатуры исходных данных о планируемом характере эксперимента и его основных параметрах.

Исходные данные содержат сведения: о дате ввода исходных данных, об объемах доз, компонентов и смесей компонентов, выбираемой исследователем периодичности опроса датчиковой аппаратуры и т. д. Благодаря открытой структуре ППП «Микроб» пользователь, владеющий языком программирования Бейсик, может дополнять или изменять этот список, исходя из целей и задач конкретного эксперимента.

#### Пример ввода начальных параметров и служебной информации

```

СВЯЗЬ С ФЕРМЕНТЕРОМ ВКЛЮЧЕНА
ВВОДИТЕ ДАННЫЕ
ДОЗА 1=?      ,32
ДОЗА 2=?      ,32
ОБЪЕМ 1=?     8000
ОБЪЕМ 2=?     4000
ДАТА          . . . . . ? 2.04.84
ИНТЕРВАЛ СЧИТЫВАНИЯ (МИН) . . . ? 1
ОБОРОТЫ АППАРАТА КУЛЬТИВИРОВА-
НИЙ (ОБ./МИН) . . . . . ? 600
РАБОЧИЙ ОБЪЕМ ФЕРМЕНТЕРА . . . ? 5200
ИМПУЛЬСНАЯ НАГРУЗКА (Г/Л) . . . ? 1,2
КОНЦЕНТРАЦИЯ В-ВА В ИМП. КАН.
(Г/Л) . . . . . ? 320
УКАЖИТЕ РЕЖИМ ПРОДОЛЖЕНИЯ?
  
```

После ответа о готовности пользователя микроЭВМ выводит на экран «меню» из 9 наименований программ. Введя нужный номер (см. ниже: программа 2), пользователь после короткого начального диалога получает сведения о текущем состоянии различных параметров процесса культивирования микроорганизмов.

Состав программ предварительной обработки и их организация для одного из разделов ППП «Микроб» приведены (в виде схемы) на рис. 3.

Программа 5 позволяет в любой момент вывести на экран дисплея (и/или АЦПУ) содержание текущего опроса датчиковой аппаратуры в общепринятых в экспериментальной микробиологии единицах измерения. Распечатка текущего опроса аппаратуры «АНКУМ» включает в себя (в данной версии ППП): дату, время, текущий номер опроса от начала сеанса, текущий час эксперимента, число оборотов перемешивающих устройств головного и вспомогательного ферментов, рабочий объем культуры (суммарный); температу-

ру; рН; оптическую плотность; уровни  $\text{pO}_2$  от трех датчиков  $\text{pO}_2$ , находящихся в головном и вспомогательном ферментах; текущие уставки устройства управления дозаторами «Гамма-3», объемы расходов компонентов питательной среды по каждому из каналов дозирования и остаток их в буферных емкостях; уставку суммарного расхода и значение текущей скорости разбавления, рассчитанной по объему ферментера при данном числе оборотов перемешивающего устройства; величину уставки реле времени (в случае импульсной подачи вещества по одному из каналов дозирования) и значение импульсной нагрузки [8]:

#### Пример распечатки текущего опроса датчиковой аппаратуры ферментера

1. КОРРЕКЦИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
2. РАСПЕЧАТКА ТЕКУЩЕГО ОПРОСА
4. КОММЕНТАРИЙ
5. КОРРЕКЦИЯ УСТАВОК
6. ВВОД СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ
7. ВХОДНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ
8. ПРОДУКТИВНОСТЬ И АСВ ПО ЗАДАННОМУ  $Y( )$
9. РАСПЕЧАТКА БУФЕРА ДАННЫХ
10. ПАРАМЕТРЫ ЦИКЛА

3. 04. 84, ВРЕМЯ 12 Ч 44 МИН, ОПРОС 20, ЧАС  
ОПЫТА . . . . . 33  
ОБОРОТЫ АК-3 (ОБ./МИН) . . . . . 600  
РАБОЧИЙ ОБЪЕМ КУЛЬТУРЫ (ЕД. ДОП.) . . . . . 5200  
ТЕМПЕРАТУРА (ГРАД. С) . . . . . 28,5  
РН . . . . . 6,25  
ОПТИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ (ЕД. ДОП.) . . . . . 0,48  
PO2 (Ж) АК-05 (ММ РТ. СТ.) . . . . . 170  
PO2 (Г) АК-5 (ММ РТ. СТ.) . . . . . 0,2  
PO2 (Ж) АК-10 (ММ РТ. СТ.) . . . . . 0,3

КАНАЛ	X1%	Y1%	01 (МЛ/Ч)	ПОДАНО (МЛ)	ОСТАТОК (МЛ)
1	12	25	96	31. 63	7968,32
2	12	25	96	31. 68	7968,32
3	13	27,1	97, 56	32. 1948	7967,805
4	13	27,1	100, 812	33. 26796	7966,732

УСТАВКА СУММАРНОГО РАС-  
ХОДА . . . . . 48%  
СКОРОСТЬ РАЗБАВЛЕНИЯ . . . . . 390.372 МЛ/Ч  
СКОРОСТЬ РАЗБАВЛЕНИЯ . . . . . 75.ОБР.Ч  
УСТАВКА РЕЛЕ ВРЕМЕНИ . . . . . 234 СЕК  
ИМПУЛЬСНАЯ НАГРУЗКА В-ВОМ 1,2 Г/Л

Программа 8 рассчитывает уставки на каналах дозирования «Гамма-3», учитывающие реальные объемы доз:

#### Пример распечатки скорректированных уставок каналов дозирования «Гамма-3»

ВВЕДИТЕ УСТАВКИ . . . . . ? 25, 23  
КАНАЛ 1(X)КОРР. . . . .  
1 24.8  
2 2'88

Программа 9 позволяет ввести, распределить по каналам дозирования и запомнить отношение компонентов питательной среды в виде химических формул:

#### Пример ввода в память микроЭВМ состава питательной среды в виде химических формул

ВВОДИТСЯ ФОРМУЛА ПО 1 КАНАЛУ  
ВВОДИТЕ ТЕКСТ ФОРМУЛЫ  
KN2P04  
НАВЕСКА (Г/Л)? 3.65

и т. д. по всем каналам.

Программа 10 хранит химические формулы в течение всего эксперимента для дальнейшего использования и в нужный момент рассчитывает входную концентрацию любого элемента в питательной среде, поступающей в ферментер, а также входную удельную нагрузку этого элемента. Для расчета последней надо ввести с пульта микроЭВМ значение плотности популяции (в граммах АСВ или в клетках/л).

Программа 11 позволяет рассчитывать продуктивность культуры микроорганизмов, исходя из данного экономического коэффициента эффективности, а также вычислять удельные нагрузки для компонентов питательной среды:

#### Пример расчета параметров процесса по аналитическим данным

ВВЕДИТЕ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЦИКЛА  
(МИН) . . . . . ? 172,5  
ВВЕДИТЕ YS . . . . . ? 5  
24(Г) П24(Г) АСВ(Г/Л) (КЛ./Л)  
16,45 8,23 4,23 ,3710526E 12  
ВВЕДИТЕ ОТСЧЕТ . . . . . ? 21602,5  
ВВЕДИТЕ ФОН . . . . . ? 2100  
АСВ(Г/Л) П24(Г) (КЛ./Л)  
4,925 9,57 ,58 ,43205E 12

Программа 12 распечатывает по запросу биолога текущие значения по пяти параметрам (в данном разделе ППП: время опроса, мин; рН; оптическая плотность;  $\text{pO}_2$  во вспомогательном ферменте;  $\text{pO}_2$  в головном ферменте). Продолжительность распечатки задается пользователем в начальном диалоге с программой:

#### Пример распечатки буфера данных

НАЧАЛО РАСПЕЧАТКИ НА 37 МИНУТЕ  
УКАЖИТЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАСПЕЧАТКИ (МИН)? 3

МИН	T (ГРАД.)	РН	DOP	PO2
38	29	6,2	,048	174
39	29	6,25	,048	174
40	29	6,2	,048	174

Как отмечалось выше, набор параметров, контролируемых программой 12, может быть легко изменен или дополнен пользователем, освоившим начальные элементы программирования на языке Бейсик.

Программа 13 дозирует подачу питательного субстрата по каналам управления прибора «Гамма-3».

Программа 14 может управлять реле времени «Гамма-3» и электропневмопреобразователями (для подачи воздуха и питательных сред в ферментер).

С помощью программы 7 можно в ходе эксперимента с клавиатуры дисплея вводить в ЭВМ тексты произвольного содержания (например, неформальные заметки о ходе опыта, комментарии) и при необходимости распечатывать их на АЦПУ, т. е. вести лабораторный журнал.

Такой текстовой режим обычно необходим в длительном биологическом эксперименте, когда автоматически регистрируемые данные, как правило, нужно пояснять комментариями о трудно формализуемых качественных сторонах процесса. Этот же режим позволяет дополнять данные от аппаратуры «АНКУМ» результатами эпизодически выполняемых за пределами данной лаборатории анализов.

#### Два уровня интерактивности.

1. При массовой эксплуатации комплекса его программное обеспечение дает возможность управления на языке микробиологической задачи всеми основными режимами эксперимента биологу, не знакомому с вычислительной техникой.

2. Экспериментатор, который осваивает в ходе работы на установке основы простейшего алгоритмического языка типа Бейсик, получает существенные дополнительные возмож-

ности — разрабатывать на встроенной микро-ЭВМ комплекса собственные алгоритмы управления и модифицировать, таким образом, в требуемом ему направлении прикладное ПО комплекса.

Существенно, что работу по программированию комплекса можно выполнять непосредственно в ходе длительного эксперимента, не прерывая процесс сбора данных и управления (в мультипрограммном режиме).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Громов Г. Р. Персональный компьютер — массовый инструмент для формализации профессиональных знаний. — В кн.: Всесоюзная конференция «Диалог человек—ЭВМ». — Л.: ЛИАП, 1982, с. 145.
2. Громов Г. Р. Технология персонального ориентации базового программного обеспечения микроЭВМ. — В кн.: Тез. докл. 1 Международной школы по автоматизации научных исследований. Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1982, с. 65.
3. «Электроника 60». Бейсик — программное обеспечение. — М.: ЦНИИ «Электроника», 1980, кн. 8.
4. Система цифровая измерительная регистрирующая К484.2. Львов: ПО «Микроприбор», 1980, кн. 1.
5. Прибор регулирования и управления «Гамма-3». Пущино: СКБ БП АН СССР, 1979.
6. Громов Г. Р., Ширшиков Н. В., Литвиненко Л. А., Ройтберг М. А., Макеева Е. В. Диалоговый информационно-измерительный комплекс «Альфа-60». — В кн.: Всесоюзная конференция «Диалог-82-микро». Тез. докл. Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1982, с. 52—53.
7. Диалоговый информационно-измерительный комплекс «Альфа-60» на базе микроЭВМ. — В кн.: Автоматизация научных исследований в научном центре биологических исследований АН СССР. Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1980.
8. Литвиненко Л. А., Кинтана М. Э., Петрикевич С. Б. Влияние входных концентраций азота на рост *Candida utilis* в непрерывной культуре с импульсным углеродным питанием. — Микробиология, 1980, т. 49, вып. 6, с. 945—951.

Статья поступила 27 марта 1984 г.

#### НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Каляев А. В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой. — М.: Радио и связь, 1984, 21 л., 3 р. 30 к.

Разрабатывается концепция высокопроизводительных многопроцессорных систем, в которых используются микропроцессоры с программируемой структурой, распределенная память и универсальная коммутация. Синтезируются такие микропроцессоры, выполняющие крупные операции и работающие с машинными языками высокого уровня. Разрабатывается базовая система макроопераций многопроцессорных систем с программируемой архитектурой и базовая система элементарных операций микропроцессоров с программируемой структурой.

Микроэлектронная аппаратура на бескорпусных интегральных микросхемах/И. Н. Воженни, Г. А. Блинов, Л. А. Коледов и др. — М.: Радио и связь, 1984, 19 л., 1 р. 30 к.

Анализируются требования к конструкции и технологии изготовления основных классов аппаратуры на различных стадиях производства. Описывается технология получения высокостабильных и надежных элементов гибридных интегральных микросхем повышенной степени интеграции, описаны конструкции и базовые технологические процессы создания ячеек в виде таких микросхем на основе полиамидной пленки и анодированного алюминия. Приводятся методы контроля и обеспечения качества изделий на этапах проектирования и производства аппаратуры.

Уокерли Дж. Архитектура и программирование микроЭВМ: В 2-х книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.

Труд американского ученого посвящен общим принципам построения и программирования ЭВМ и их реализации при создании микроЭВМ разного типа. Подробно освещается архитектура ЭВМ, вопросы программирования на языке ассемблер и Паскаль. Рассматриваются проблемы, связанные с организацией ввода-вывода, системы прерывания и прямого доступа к памяти.

В книге 2 подробно описаны принципы организации, способы адресации, наборы команд, используемых в микроЭВМ, созданных на базе широко известных семейств микропроцессоров PDP-11, Z18000, TMS9900, 8086 и др. Приводятся примеры программ.

Н. А. Блинов, Г. А. Угодчиков, Г. А. Швецов

## МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФЕРМЕНТАЦИЕЙ «АВТОФЕРМ-1» И «АВТОФЕРМ-2»

Автоматизированные системы управления на базе микроЭВМ управляют лабораторными процессами ферментации в реальном масштабе времени.

Снижение стоимости и повышение надежности микропроцессорных средств способствует их внедрению в управление технологическими процессами в химии, биологии, медицине. Эти факторы обеспечивают в НИР повышение эффективности лабораторных процессов ферментации, комплексный анализ состояния растущих микробных популяций, оптимальное управление в реальном масштабе времени. Супервизорный режим и режим непосредственного цифрового управления (НЦУ) — основные, в которых используются микроЭВМ автоматизированных систем управления.

При супервизорном управлении задание локальному регулятору устанавливается микроЭВМ в соответствии с определяемой алгоритмом управления величиной управляющего воздействия. В качестве примера комплексов с супервизорным режимом управления можно привести систему управления процессом культивирования микроорганизмов фирмы LKB (Швеция) [1] и отечественную систему «Альфа-60» [2].

В режиме НЦУ микрокомпьютер выполняет все действия по управлению: сбор и обработку данных, вычисление управляющих воздействий. Этот режим используется в системах управления, выпускаемых фирмами Taylor (США) [3], Measurex (США) [4] и в

КТС ЛИУС-2 (СССР) [5]. Выбор режима управления зависит от типа микропроцессорной системы и необходимости одновременно использовать микроЭВМ для других целей.

Микропроцессорные системы управления позволили применить в микробиологическом эксперименте методы идентификации, оценивания и оптимального управления [6—8]. На рис. 1 приведена структурная схема современной системы управления.

### Система управления «Автоферм-1»

Система «Автоферм-1» (рис. 2) предназначена для экспериментального управляемого культивирования микроорганизмов. Система построена по блочно-модульному принципу. МикроЭВМ «Электроника 60» работает в режиме супервизорного управления. Ферментационная установка («Фермус-3») имеет возможность дистанционного задания уставок для всех регулируемых параметров культуральной жидкости в ферментере: температуры, pH,  $pO_2$ , оптической плотности, скорости перемешивания. Модули аналоговых регуляторов физико-химических параметров реализуют пропорционально-интегральный закон управления (ПИ-регуляторы). Для преобразования аналоговых сигналов в цифровую

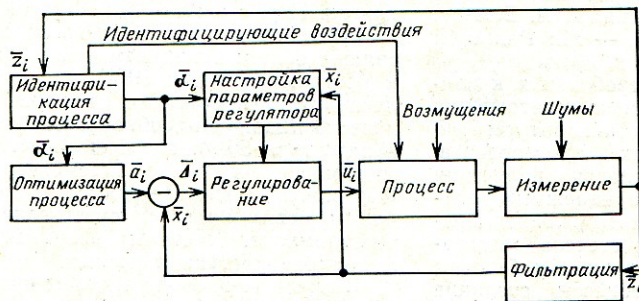


Рис. 1. Структурная схема современной системы управления:

$\bar{a}_i$  — режимные уставки,  $\bar{z}_i$  — вектор измерения,  $\bar{x}_i$  — вектор состояния,  $\bar{a}_i$  — вектор параметров модели,  $\bar{u}_i$  — вектор управляющих воздействий

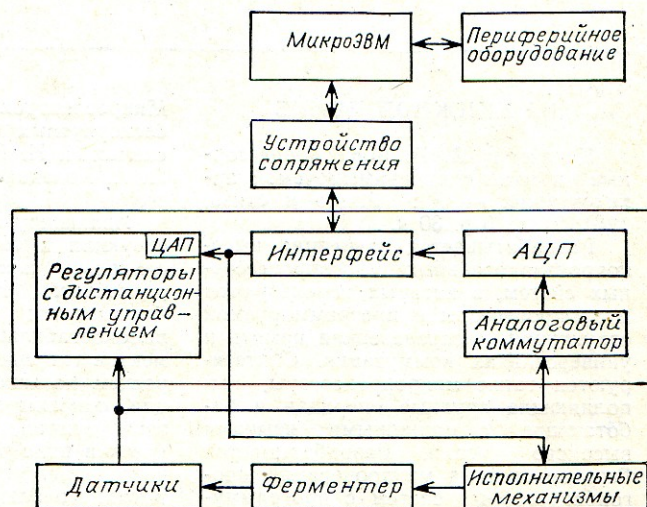


Рис. 2. Структурная схема аппаратных средств системы «Автоферм-1»

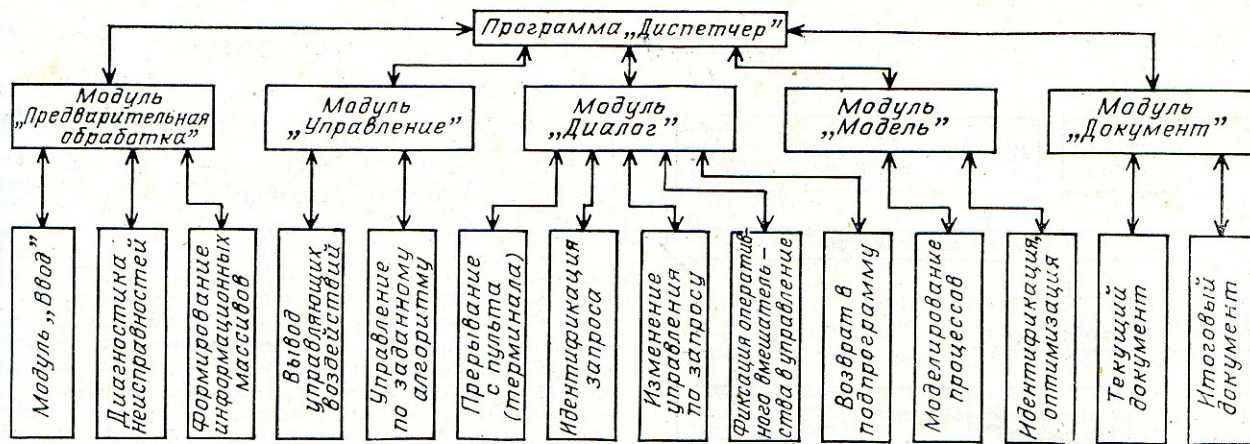


Рис. 3. Программные средства системы «Автоферм-1»

форму и обратно используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП) интегрирующего типа с 10-канальным коммутатором и двоично-десятичные цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). МикроЭВМ связана с нижним уровнем комплекса в дуплексном режиме через стандартный интерфейс И2.

**Программное обеспечение (ПО)** системы «Автоферм-1» (рис. 3) основано на принципе полной модульности, обеспечивающей программную независимость модулей системы, решающих разные подзадачи [8]. Оно позволяет строить математическую модель исследуемого процесса, оптимально управлять культивированием микроорганизмов на основе созданной модели и текущих данных о ходе эксперимента.

Модули ПО позволяют выполнять следующие функции:

«Предварительная обработка» — идентифицировать канал, ввод, преобразование и передачу информации в другие модули;

«Управление» — рассчитывать и выводить управляющие воздействия, выдавать сообщения о воздействиях и управлять по алгоритму «Поддержание»;

«Диалог» — прерывать основную программу, идентифицировать запрос, опрашивать датчики по запросу, фиксировать оперативное вмешательство в управление и возвращать в основную программу;

«Модель» — управлять текущим экспериментом по простейшим моделям в реальном масштабе времени;

«Документ» — документировать ход и результаты эксперимента;

«Часы» — вести счет реального времени и выдавать временные маркеры для других модулей.

Программа «Диспетчер» — операционная система ПО текущего эксперимента — связывает модули функционально.

Модули программ разработаны на языках Бейсик и ассемблер.

### Малая автономная система управления «Автоферм-2»

Система «Автоферм-2» относится к классу малых автономных систем управления процессом ферментации, реализует режим непосредственного цифрового управления и состоит из 6-контурного блока управления, выполненного на основе микропроцессорного комплекта серии КР580 и блока ферментации «Фермус-2». Ее можно включить в состав системы «Автоферм-1», образуя многопроцессорную распределенную систему.

Система «Автоферм-2» предназначена для автоматического управления периодическим культивированием микроорганизмов в лабораторных условиях, но благодаря возможности программно с передней панели блока управления изменять характеристики регуляторов, пригодна для управления полупромышленной установкой. Система измеряет pH, eH,  $PO_2$ ,  $T^{\circ}C$ , концентрацию  $O_2$  и  $CO_2$  в выходном газовом потоке, оптическую плотность, уровень пены; вычисляет скорости изменения измеряемых параметров и выводит все измеренные и вычисленные параметры на 12-знаковый индикатор.

Структурная схема аппаратных средств системы приведена на рис. 4. Аналого-цифровой преобразователь — двухтактного интегрирования с цифровой коррекцией дрейфа нуля. Погрешность измерения его не более 0,1%, подавление помех общего вида 120 дБ, последовательного вида 40 дБ. Гальваническая развязка системной и измерительной общих шин выполнена с помощью опто-электронных преобразователей.

Микропроцессор блока управления выполняет сканирование клавиатуры, идентифика-

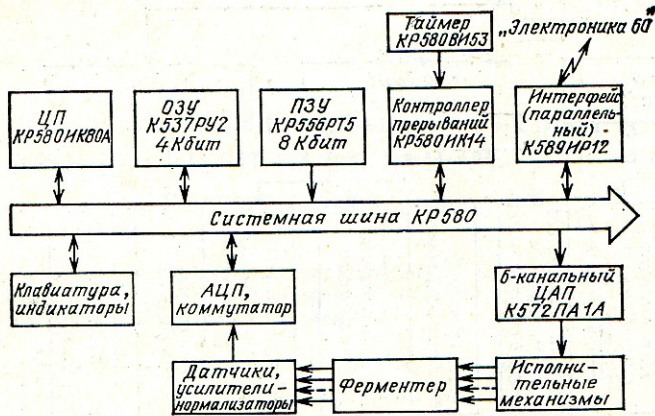


Рис. 4. Структурная схема аппаратных средств системы «Автоферм-2»

цию нажатых на передней панели клавиш и вызов соответствующих подпрограмм, за светку индикаторов, периодическое тестирование узлов системы, счет реального времени, вычисления по алгоритмам «Измерение», «Регулирование», «Управление по модели» (рис. 5).

При выборе алгоритма управления учитывалось, что объем памяти системы «Автоферм-2» ограничен (8 Кбайт ПЗУ, 4 Кбайт ОЗУ), поэтому на модель процесса и алгоритм оптимального управления налагаются следующие ограничения: параметры модели процесса должны быть прямо связаны с легко измеряемыми и легко вычисляемыми характеристиками процесса; параметры управления должны вычисляться по параметрам модели без итераций; вычисления должны выполняться в темпе поступления данных.

Анализ методов математической теории оптимального управления в режиме реального времени культивированием микроорганизмов показал [8], что достаточно эффективно можно использовать минимаксные системы (ММ-системы) [10].

Программы разработаны на языке ассемблера. Программы и аппаратные средства системы «Автоферм-2» отлажены с помощью системы проектирования в составе системной ЭВМ класса М6000 с периферийным оборудованием, внутрисхемного эмулятора и перфоленточного варианта кросс-ассемблера.

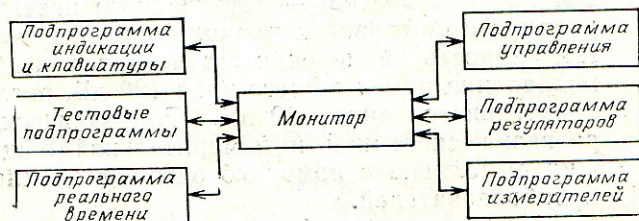


Рис. 5. Программные средства системы «Автоферм-2»

## ЛИТЕРАТУРА

1. Целяная система для управления ферментацией «Электрорюкс ЭФИ24». — Информация ЛКБ (приборы), 1984, № 1, с. 22, 23.
2. Громов Г. Р., Ширшиков Н. В., Литвиненко Л. А. Лабораторный аппаратно-программный комплекс ферментер — ЭВМ «Альфа-60». — Пушкино, НИИЦ АН СССР, 1983. — 20 с.
3. Германс, Фаруэл. Контроллер процесса с адаптируемым усилением. — Электроника, 1978, т. 51, № 24, с. 70—75.
4. Ауслендер Д. М., Такахаси Я., Томидзука М. Применение микропроцессоров для прямого управления процессами и алгоритмы для контроллеров на МП. — ТИИЭР, 1978, т. 66, № 2, с. 113—124.
5. Michael R. I., Henry L. C. Computer control of fermentation processes. — Enzyme and Microbiol. Technol., 1982, v. 4, N 6, p. 370—380.
6. Рей У. Методы управления технологическими процессами / Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 368 с.
7. Блохина И. Н., Огарков В. И., Угодчиков Г. А. Управление процессами культивирования микроорганизмов (системный подход). — Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1983. — 174 с.
8. Гитце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника / Пер. с нем. — М.: Мир, 1982, с. 480—488.
9. Блинов Н. А., Воронин А. И., Комаров Ю. П., Угодчиков Г. А. ММ-системы и их применение для моделирования динамики биологических систем. — В кн.: Динамика биологических популяций — Горький: ГГУ, 1973, с. 75—86.

Статья поступила 30 марта 1984 г.

## ПЕРВЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ СЕМИНАР

С 22 по 26 октября 1984 г. в г. Свердловске состоялся 1-й Всесоюзный семинар «Промышленная технология создания и применения программных средств в организационном управлении и НИОКР».

На семинаре будет обсуждена проблематика и разработаны практические рекомендации по разработке, производству, поставке и использованию в сфере организационного управления и НИОКР программных средств вычислительной техники как продукции производственно-технического назначения.

Предполагается также обсудить вопросы обеспечения проектной, производственной и эксплуатационной технологичности программных средств (ПС); структурного анализа ПС и анализа процессов их разработки и производства; проектирования технологических процессов и нормативов для программистов; проектирования и изготовления ПС технологического оснащения («инструментальных средств»); отладки и внедрения комплексов программно-технологических средств; организации и управления технологической подготовкой разработок и производства ПС.

Будут заслушаны проблемные и обзорные доклады по технологии математического моделирования, по созданию больших программных систем и коллективов программистов, определению экономической эффективности, себестоимости и лимитной цены на ПС, технологии разработки серийных компонентов программного обеспечения (модулей, пакетов общего назначения, базовых и прикладных систем) для ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ, БЭСМ, встроенных микроЭВМ, технологии решения балансовых и оптимизационных задач на основе пакетов прикладных программ общего назначения и прикладных систем программного обеспечения.

Телефоны для справок: в г. Свердловске 54-25-81, в г. Москве 246-24-64.

Ю. И. Торгов, Т. А. Кравченко, Г. У. Азимова

## МЕДИЦИНСКИЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ЭВМ

Измерительно-диагностический комплекс на основе персональной ЭВМ используется для контроля оптимального режима в камере гипербарической оксигенации (см. фото на первой странице обложки), оценки глубины наркотического сна. Комплекс можно применять в качестве анализатора изменений сердечного ритма; анализатора активности мозга по электроэнцефалограммам; программируемого стимулятора для кабинетов рефлексотерапии; прибора для автоматического анализа флюорограмм и т. д.

Как правило, современные медицинские приборы на базе микропроцессоров и микроЭВМ — узкоспециализированы. Этим и объясняется их широкая номенклатура, порождающая много проблем. Огромный парк современных медицинских приборов затрудняет обучение медперсонала пользованию ими, организацию их периодического обслуживания и ремонта в условиях поликлиник и больниц. В узкоспециализированных приборах обычно используются специализированные микроЭВМ, выпускаемые малыми сериями в «приборном» исполнении.

Встроенные микропроцессорные средства позволяют разработать многофункциональные приборы, способные заменить целый комплекс узкоспециализированных массовых приборов.

Целесообразно проектировать многофункциональные медицинские приборы на базе серийных персональных ЭВМ (ПЭВМ) и набора периферийных специализированных измерительных блоков, подключаемых к стандартным цифровым каналам ПЭВМ.

Специализация такого комплекса на требуемый вид работы сводится к подключению нужного периферийного блока и ввода соответствующей программы со стандартных машинных носителей. Повышенная стоимость ПЭВМ, оснащенной стандартной периферией, по сравнению со стоимостью специализированной микроЭВМ в приборном исполнении компенсируется тем, что одна ПЭВМ используется одновременно в нескольких приборах, тогда как специализированные микроЭВМ нужны в каждом. К тому же стоимость массовых ПЭВМ имеет тенденцию к снижению. Модернизировать прибор, построенный на базе ПЭВМ, значительно проще, чем на базе специализированных микроЭВМ. Помимо стандартных средств отображения, хранения и документирования данных ПЭВМ оснащены системами автотестирования и помощи опе-

ратору в случаях его ошибок. Это позволяет автоматизировать настройку и калибровку приборов на базе ПЭВМ при включении, организовать выдачу на дисплей поясняющих инструкций медперсоналу по запросу или в случае обнаружения ошибочных действий, в том числе и при обучении медперсонала.

Главный аргумент в пользу применения серийных ПЭВМ в качестве стандартного блока медицинских приборов — наличие прилагаемого к ПЭВМ стандартного набора технических и программных средств для повышения удобства и эффективности работы пользователя. До сих пор они были доступны почти исключительно программистам, хотя чрезвычайно важны и для медперсонала.

Важно учитывать, что программное обеспечение и дополнительные модули к ПЭВМ — это результат работы не только относительно узкой группы разработчиков, но и огромного числа пользователей и могут быть эффективными для медицины. И, наконец, ПЭВМ, входящую в приборный комплекс, следует использовать в качестве средства обработки документов, так как автоматизация ведения историй болезней, статистики и т. п. сейчас недостаточно широко применяется.

Рассмотрим сферы применения разработанного для районных поликлиник комплекса на базе ПЭВМ «Агат».

### Анализатор изменений сердечного ритма

Сердечный ритм — это важный диагностический параметр состояния организма. Анализатор используется для оценки глубины наркотического сна, определения оптимального режима гипербарической оксигенации и

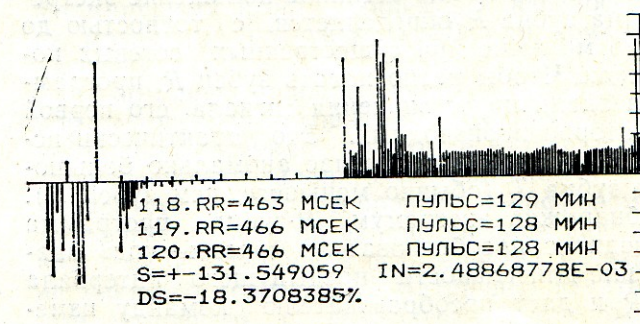


Рис. 1. Результаты анализа изменений сердечного ритма

др. [1]. Прибор непрерывно измеряет длительность последовательных интервалов  $R$ — $R$ , регистрирует измеренные значения. Для каждых 120 интервалов он вычисляет гистограмму распределения, математическое ожидание, дисперсию, ее изменение и комплексный диагностический параметр «коэффициент напряженности» по формуле, учитывающей статистические параметры (рис. 1).

В численном виде на экран выводятся номер интервала в цикле, длительность интервала (мс), соответствующее этой длительности число ударов пульса в минуту, математическое ожидание и дисперсия для каждого цикла из 120 измеряемых интервалов. Графически на экране отображаются длительность всех интервалов цикла, гистограмма распределения и величина дисперсии. Это позволяет наглядно представить характер сердечного ритма, быстро оценить тенденции его изменения и при необходимости принять меры для нормализации состояния пациента. Появление аномальных параметров сопровождается сигналом тревоги.

По указанию оператора, полученные данные буферизуются в памяти ПЭВМ и сохраняются на магнитном носителе после сеанса.

**Периферийный блок.** Сигнал ЭКГ с выхода предусилителя подается на периферийный блок, стыкованный с ПЭВМ через стандартный разъем подключения дополнительных функциональных блоков к сигнальным шинам.

В состав периферийного блока входят преобразователь АЦП (точность — 8 двоичных разрядов, время преобразования — 3 мкс), преобразователь «время—код» на базе программируемого таймера КР580ВИ53 [5] и параллельный порт на базе БИС КР580ИК55. Параллельный порт используется для программного управления вспомогательным оборудованием и приборами во время сеанса, а также для генерации прерывания от внешних сигналов и от программируемого таймера. Аналоговые сигналы ЭКГ преобразуются в цифровые с частотой от 250 до 4000 отсчетов/с и непрерывно обрабатываются программой фильтрации с одновременным дифференцированием. При этом истинное положение экстремума зубца  $R$  определяется с точностью до 0,25 мс даже при существенных сетевых помехах. Чтобы распознавать зубец  $R$ , программа анализирует значения сигнала, его первой и второй производных. Это практически исключает ошибки в случае аномально большого зубца  $T$  (обычно меньшего, чем зубец  $R$ ). Обнаружив экстремум  $R$ -зубца, программа вводит с преобразователя «время—код» значение длительности предыдущего интервала  $RR$  и дает преобразователю команду измерить новый интервал. Длительность каждого

измеренного интервала  $RR$  анализируется и при выходе за допустимые пределы отбрасывается. Это позволяет исключить искажения ЭКГ, возникающие, например, из-за движений пациента.

Предусилителем может быть стандартный кардиограф, источником входного сигнала — кардиосигнализатор КС-02. Последний формирует на выходе прямоугольный сигнал  $R$ -зубца, который можно подать на вход системы прерываний ПЭВМ. При этом отпадает надобность в АЦП, в программе обработки сигнала и выделения экстремума зубца  $R$ , но точность определения интервала снижается до 2 мс (для многих практических случаев этого достаточно).

## Анализатор активности мозга по ЭЭГ

Как показано в работе [2], при снятии электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с кожи головы, высокочастотная (60—120 Гц) составляющая сигнала несет важную информацию о степени активности мозга (рис. 2). В качестве диагностических параметров прибор вычисляет среднее число экстремумов высокочастотной составляющей ЭЭГ, значение средней линии и среднюю амплитуду сигнала в единицу времени (обычно 10 с).

В состав блока сопряжения входят 4-канальный АЦП (8 разрядов, 3 мкс), БИС программируемого таймера КР580ВИ53 и параллельный порт на БИС КР580ИК55.

**Программа обработки ЭЭГ.** Аналоговый сигнал ЭЭГ вводится с выходов предусилителя энцефалографа на входы АЦП. Цифровые сигналы вводятся в «кольцевые буферы», организованные в памяти ПЭВМ. В них в любой момент времени содержится 16 последних значений сигнала, используемых программой фильтрации. При нахождении экстремума по изменению знака производной разность сигналов в точках двух последних экстремумов разного знака сравнивается с заданным поро-

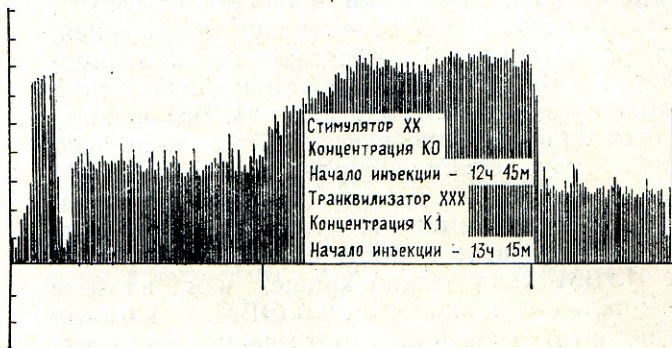


Рис. 2. Анализ изменений активности мозга

гом. В случае превышения порога экстремум считается истинным. Программа обработки данных написана на языке ассемблер и работает по временным прерываниям от программируемого таймера с частотами 500 и 1000 Гц. При частоте прерываний 500 Гц можно одновременно обрабатывать сигналы с четырех каналов.

Фоновая программа на языке Бейсик вычисляет по формулам, отображает на экране в виде графика значения полученных параметров на всем протяжении сеанса и буферизует результаты для последующей записи на машинные носители.

### Программируемый стимулятор для кабинетов рефлексотерапии

Программируемый стимулятор измеряет динамические характеристики биологически активных точек (БАТ) и анализирует динамику реограммы; генерирует программируемые по величине и закону изменения во времени напряжения и токи для электроакупунктуры, а также белый шум или периодический сигнал в диапазоне частот от долей герца до 2 МГц для облучения, набор звуковых и визуальных стимулов, включает и выключает вспомогательную аппаратуру (магнитофон, диапроектор) и т. п.

По запросу лечащего врача программа выдает на экран графического терминала схему расположения БАТ на теле пациента и набор-меню рекомендуемых способов воздействия на них (схему наложения электродов, вид, интенсивность и время воздействия):

#### ТОЧКА:

ХЭ—ГУ/Lig 4

#### ПОКАЗАНИЯ:

Двигательные расстройства верхних конечностей. Повышение мышечного тонуса.

Заболевания полости рта и носа, глотки, миндалин, бронхов, аллергический вазомоторный ринит.

#### РАСПОЛОЖЕНИЕ:

Между 1 и 2 пястными костями, ближе к лучевому краю 2 пястной кости на вершине возвышения, возникающего при прижатии I пальца.

#### ВИД ВОЗДЕЙСТВИЯ:

Укол — глубина укола 1,5 см.

Прижигание — 5—20 мин.

Электростимуляция: Программы стимуляции 1—10.С.

Программа регистрации запоминает в файле пациента выбранные лечащим врачом вид, режим воздействия и комментарии медицинского персонала. Это исключает появление недостоверной информации при обработке результатов после лечения.

### Автоматическая обработка флюорограмм

Для автоматической обработки флюорограмм с классификацией на норму и патоло-

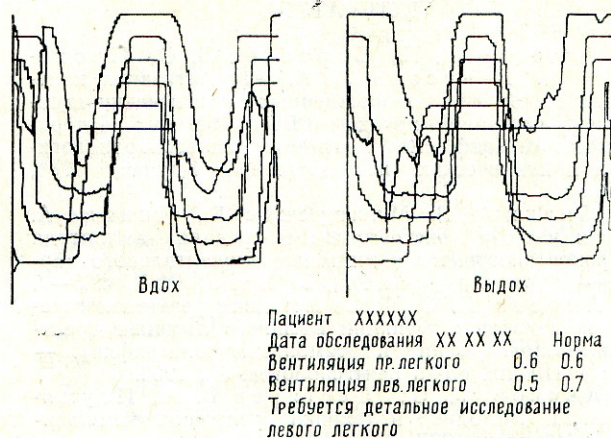


Рис. 3. Результаты анализа флюорограмм

гию [3, 4] используют пары флюорографических снимков. Один из них сделан в фиксированном положении грудной клетки при полном вдохе, а второй — при полном выдохе. Рулон проявленной стандартной пленки заряжается в программно-управляемое устройство ввода информации (с механической разверткой). Разрешающая способность по полю кадра — 1,5 мм. Это соответствует введенной матрице оптических плотностей размерностью 40×40 элементов разложения.

В состав периферийного блока входят преобразователь (4-канальный АЦП) и параллельный интерфейс для управления двигателями развертки в устройстве ввода.

Программа анализа замеряет интегральные характеристики различных полей изображения и по принятой методике классифицирует снимки на нормальные и патологические (патологические снимки делятся на несколько классов). Время обработки одной пары — 5 с.

Информация со следующей пары снимков вводится одновременно с обработкой предыдущей пары. После обработки каждой пары снимков значения интегральных характеристик и индекс классификации заносятся в формируемый файл пациента и переносятся на магнитный носитель (ГМД или компакт-кассету).

С помощью прибора оператор получит набор гистограмм оптических плотностей по указанным сечениям, цифровые интегральные характеристики задаваемых областей и т. п. Результаты можно отобразить в цифровом и графическом виде на экране дисплея (рис. 3) или в виде картинок в псевдоцветах на экране цветного телевизора. Матричное печатающее устройство с графическими возможностями регистрирует результаты на бумаге.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев В. П., Воробьев В. С., Прохоров Б. А., Денисова Л. А. Автоматизация контроля за состоянием новорожденных при лечении гипоксических состояний методом ГБО. — В кн.: Материалы Всесоюз. конф. «Автоматизация электрокардиологических и клинических исследований». Каунас, 1981, с. 352.
2. Мицкине В., Миляускас Р., Мицкис А. Средняя частота экстремумов и средняя амплитуда электрокардиограммы в динамике тиопенталового наркоза. — Фармакол. Токсикол., 1970, т. 33, № 1, с. 3—7.
3. Амосов И. С. Новая методика рентгенологического исследования функции внешнего дыхания (рентгенопневмополиграфия и томопневмополиграфия). — В кн.: Тез. докл. об-ва рентгенологов. Л., 1960.
4. Амосов И. С., Дегтярев В. А., Игуменов В. П. Методика и техника рентгенопневмополиграфии. Обнинск, 1977.
5. Торгов Ю. И. Программируемый таймер КР580ВИ53 и его применение. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 77—84.

Статья поступила 25 апреля 1984 г.

УДК 681.326:528

М. М. Литвинов, А. В. Екимов, Г. А. Данцевич,  
М. М. Солдатов, А. Н. Сытин, В. Г. Тишин

## СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ АРИТМИЙ СЕРДЦА

Система для медицинской диагностики на базе микроЭВМ не уступает по времени и точности поиска аритмогенных зон системам на базе мини-ЭВМ среднего класса, но выгоднее их благодаря мобильности, малым энергопотреблению и габаритам.

Несколько лет назад для лечения аритмий сердца был предложен хирургический метод: точно найти и удалить пораженный участок миокарда сердца — причину (аритмогенную зону или дополнительный путь проводимости возбуждения) «неправильных» сокращений. В настоящее время несколько кардиохирургических клиник проводят такие операции [1, 2]. Точно определить границы аритмогенной зоны очень важно: при ошибке на 5 мм операция теряет смысл. При операционном исследовании у больного провоцируется приступ, во время которого находят расположение аритмогенной зоны [1, 2]. Наиболее простые аритмии (синдром Вольфа—Паркинсона—Уайта) диагностируются и ручным способом — последовательной записью на бумагу электрограмм с разных участков миокарда. Расстояние между характерными точками на кривых соответствует разнице времен появления волны возбуждения в исследуемых точках. Этот метод диагностики применим для узкого класса заболеваний, при которых удается во время операции спровоцировать устойчивую тахи-

кардию, вследствие чего последовательный съём информации не приводит к большим ошибкам в диагностике.

При сложных патологиях для точной диагностики необходимо параллельно измерять возбуждения электрограммы с разных участков сердца (несколько десятков датчиков), так как это единственный способ точного нахождения аритмогенного очага [3].

В полуавтоматических системах на базе мини-ЭВМ (PDP-11/20 и PDP-11/34) [3, 4] съём и обработка электрограмм разделены во времени: 30—40 с данные измеряются и записываются на диск (в одной записи более 2 Мбайт), а затем они 10—20 мин обрабатываются. Это не очень удобно для кардиохирургической клиники, так как при хирургическом вмешательстве необходимо оперативно получать результаты обработки.

Более эффективны системы, позволяющие снять информацию за 3—7 с и выдать результаты обработки на графический дисплей (рис. 1) не позднее нескольких десятков секунд. При таком подходе можно повторными измерениями электрограмм более точно определить аритмогенный очаг.

Основной целью авторов было — разработать и создать измерительную систему для автоматического картографирования сердца и получения диагностической информации в реальном масштабе времени. От наложения датчиков до выдачи окончательной информации о нахождении аритмогенного очага должно проходить не более 3—4 мин. Система представляет собой законченное устройство. Конструктивное исполнение устройства — КАМАК.

Аппаратные средства системы: контроллер каркаса (КК) со встроенной микроЭВМ на

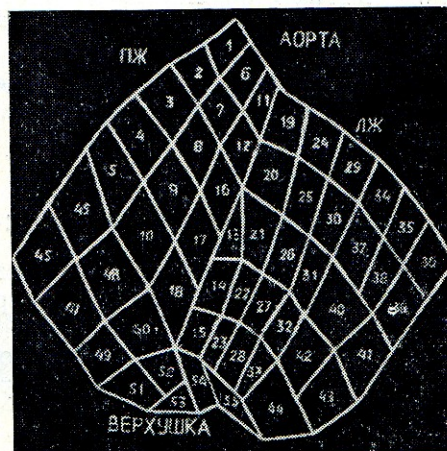


Рис. 1. Карта желудочков сердца, разбитая на зоны, в которых измеряют проведение возбуждения

базе микропроцессорного набора серии КР580 [5]; аналого-цифровые преобразователи (АЦП) (16 каналов на модуль единичной ширины, время преобразования — 0,8 мс, разрядность — 10 бит); усилители сигналов (8 каналов на модуль единичной ширины); блоки развертки цветного изображения на видеоконтрольное устройство (ВКУ) или цветной телевизор.

К программным средствам относятся программы: мониторинг; тестирования и калибровки оборудования; для отображения любых шести электрограмм на экране ВКУ в реальном масштабе времени; измерений и обработки электрограмм; выдачи таблиц и построения карты электрической возбудимости сердца на экране ВКУ.

Система работает следующим образом. С биполярных электродов, закрепленных на поверхности сердца, сигналы подаются на вход дифференциальных усилителей (уровень сигнала на входе 5—70 мВ, коэффициент усиления 100—1000, полоса частот усилителей 2—700 Гц, подавление синфазной помехи не менее 80 дБ). С усилителей сигналы поступают на АЦП. Частота аналого-цифровых преобразований — 1 кГц на канал. Данные непрерывно записываются в память микроЭВМ и шесть электрограмм с любых каналов после сжатия информации отображаются на экране ВКУ в реальном масштабе времени. При наличии на всех каналах верного сигнала оператор может прекратить накопление информации. Внутри выбранного им интервала программа определяет характерные точки каждой из электрограмм. После этого значения необходимых параметров вычисляются и буферизуются. По мере накопления данных система строит на экране более точные таблицы и

графики и карту распространения волны возбуждения в разных цветах и с изохронными линиями (см. рис. 2 и фото на четвертой странице вкладки).

Преимущества системы для медицинской диагностики на базе микропроцессорных средств — мобильность, малые потребляемая мощность и габариты. Система определения аритмогенных зон с помощью микроЭВМ по времени поиска и точности выявления очага не уступает автоматизированным системам на базе мини-ЭВМ среднего класса. Эксплуатация системы не требует квалифицированных инженеров и специальных помещений.

Работоспособность системы и точность нахождения аритмогенных зон определялись с помощью специального многоканального имитатора и в острых опытах на собаках. Результаты экспериментальных исследований доказали перспективность ее применения.

Система используется для эпи- и эндокардиального картографирования сердца во время операций в Институте сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева. Функциональные возможности системы будут расширены с помощью более мощных отечественных микропроцессорных средств. Это позволит точнее и менее травматически диагностировать аритмогенные зоны миокарда сердца.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gallager I. I., Kasell I., Seally W. C. et al. Epicardial mapping in the Wolf-Parkinson-White syndrome. — J. Circulation, 1978, 57, p. 854.
2. Бокерия Л. А., Ревинский А. Ш., Левант А. Д., Авальян В. Г., Рыбалов А. Г. Эпикардиальное картографирование при синдроме преждевременного возбуждения желудочков. Сообщение 1. Методика и техника эпикардиального картографирования. — Кардиология, 1983, 23, 11, с. 31—36.
3. Ideker R. E., Shith W. M., Wallage A. G. et al. A computerized method for rapid display of ventricular activation during the intraoperative study of arrhythmias. — J. Circulation, 1979, 59, N 3, p. 449.
4. Barr R. C., Herman-Giddens G. S., Spack M. S., et al. The design of read-time computer system for examining the electrical activity of heart. — G. Comp. Biomed. Res., 1976, 9, p. 445.
5. Данцевич Г. А., Екимов А. В., Сынтин А. Н. Автономный контроллер каркаса на базе микропроцессорного набора серии К580. — Препринт ИФВЭ, 84-41, ОЭА. Серпухов, 1984.

Статья поступила 18 апреля 1984 г.



Рис. 2. Карта желудочков с изохронными линиями. В центре — аритмогенная зона

УДК 681.325.5—681.326:007.52

А. К. Платонов

## ШАГАЮЩИЕ МАШИНЫ — ЕДИНСТВО МЕХАНИКИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В настоящее время прогресс шагающих машин зависит от определения требований к заказным микропроцессорным средствам систем управления.

Наиболее древний способ передвижения — шагами — техникой не освоен до сих пор. Это тем более странно, что он обеспечивает самую высокую проходимость, так как не требует прокладки на местности непрерывной колеи, — достаточно лишь мест опоры для постановки ног.

Одна из причин отсутствия шагающих механизмов — низкая скорость шагания, в то время как история техники передвижения — это история борьбы за скорость, когда в основном совершенствовали или выбирали дороги, а не движитель. Принцип гусеничного движителя не противоречит этому утверждению, так как гусеницы — это скорее возмоза с собой дорога, чем средство приспособления к преодолеваемой местности. Но главная причина — нет средств управления шагающим движением.

Первые попытки создать шагающий движитель основывались на механических средствах формирования движения ноги. «Стопоходящий механизм» П. Л. Чебышева — первый (1868 г.) построенный на научной основе шагающий движитель (рис. 1). Его четыре плоских шарнирных механизма, приводимых в действие одним двигателем, обеспечивали прямолинейное движение ног и их перенос по кривой линии, напоминающей траекторию стопы человека. Такие шарнирные механизмы получили название «лямбдаобразные».

Механические средства для формирования движения ноги были развиты известным советским ученым — создателем теории механизмов и машин академиком И. И. Артоболовским и его учениками. Их хитроумные механизмы позволяют свести сложную траекторию конца ноги в разных фазах шага к вращению одного или нескольких двигателей, связанных с ногой системой рычагов. В этих движителях жесткость цикла управления компенсируется упругими элементами конструкции. Они надежны, сравнительно просты и пригодны для передвижения по не очень сложной поверхности, когда нежелательно использовать колесный или

гусеничный движитель. Например, по экологическим соображениям в условиях вечной мерзлоты нельзя колесей разрушать травяной покров. Шагающая машина на лесоразработках (рис. 2) не требует прокладки дорог и портит травяной покров лишь в местах опоры (касания). Ее не останавливают препятствия в виде валунов, косогоров и канав. В горах (рис. 3), где невозможно движение колесных или гусеничных средств, шагающая машина способна перевозить грузы.

Наиболее перспективный способ управления движением ног (взамен жестких конструктивных связей, ограничивающих число степеней свободы механизма шагания), — подавать электрические сигналы на приводные двигатели, установленные непосредственно в шарнирах ног. В этом случае можно максимально приспособить движения ног к рельефу местности (при соответствующем выборе кинематической схемы ноги и шагающего движителя).

В настоящее время наиболее употребительна шестиногая кинематика (рис. 4), предложенная член-корреспондентом АН СССР Д. Е. Охоцимским. Она копирует двигательный аппарат насекомых (членистоногих) и дает простейшую возможность устойчивого движения.

Шесть ног и средства измерения рельефа местности позволяют организовать комфортабельное движение платформы шагающего движителя при небольших неровностях и преодолении более крупных неровностей. При движении статическая устойчивость сохраняется. Центр тяжести машины находится внутри опорного контура, образованного соединением точек опоры ног. При такой устойчивости шесть ног обеспечивают наибольшую скорость и адаптивность к неровностям рельефа. Видимо, поэтому у всех насекомых (членистоногих) именно шесть ног.

На снимке с экрана графического дисплея (рис. 5) схематически показано преодоление шагающей машиной широкого рва. Вверху снимка: положение центра тяжести (звездочка) — внутри опорного контура. В данный момент машина стоит на правой передней и задней ногах и левой средней. Ширина постановки ног на краю рва автоматически уменьшена с целью наибольшего продвижения корпуса вперед при дотягивании пе-

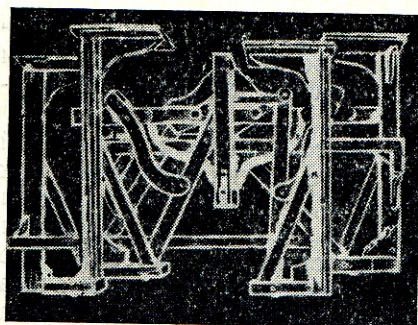


Рис. 1. «Стопоходящий механизм» П. Л. Чебышева

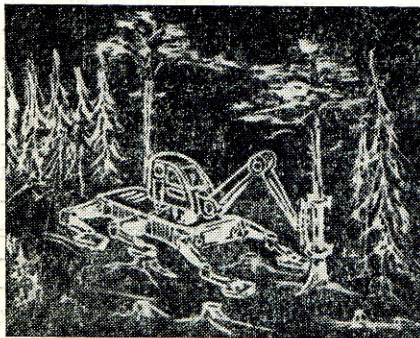


Рис. 2. Шагающая машина на лесоразработках

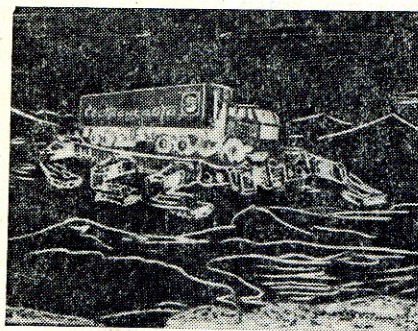


Рис. 3. Шагающая машина в горах

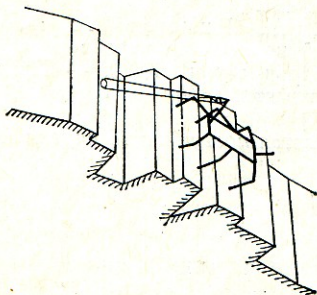


Рис. 4. Шесть ног и средства измерения позволяют преодолевать неровности пути

редней левой ногой до другого края рва.

На рис. 6 изображен макет шагающего робота с оптическим дальномером (управляющая ЭВМ—М6000). В пределах силовых характеристик приводов и геометрических характеристик ног (размеры звеньев и предельных углов качания в шарнирах) макет шагающего робота умеет автоматически поворачиваться на месте, двигаться боком, вперед или назад и подниматься на небольшие препятствия и обходить их.

В шестиногом шагающем движителе 18 двигателей. Только при согласованном выборе законов изменения вращения каждого из них можно преодолеть сложный рельеф местности [1]. Вместе с тем, очевидно, что в виде «платы» за подобную гибкость движений ног необходимы средства формирования сигналов для управления двигателями привода. Сигналы в каждый момент времени должны быть согласованы с позой шагающей системы, рельефом местности, скоростью и целью движения. Проблема формирования таких сигналов применительно к мышечному аппарату человека получила в отечественной биомеханике название проблемы построения движений [2].

На рис. 7 показана структура алгоритмов построения движений шагающего робота (1 — направление передачи информации, 2 — управляющий сигнал) [3]. Каждый из блоков может быть реализован в одном или нескольких процессорах. В блоке прогнозирования следовой дорожки содержится максимальный объем возможных параллельных процессов вычислений (300°).

Построение движений шагающей машины немислимо без вычислительной техники и прежде всего микроэлектроники, так как важно ограничить габариты и вес автономной (встраиваемой) системы управления такой шагающей машины.

Важно отметить, что состав и требуемая архитектура электронных блоков робота должны определяться его конструкцией и назначением, вследствие ограничений реального масштаба времени и допустимого характера параллельной обработки данных в многоуровневой системе управления. Например, у системы управления шагающего робота, макет которого [4] показан на четвертой странице обложки, 5 подсистем, 3 уровня управления и есть потенциальная возможность параллельного протекания более чем 9 млн. процессов весьма простого содержания [3]. Из-за специфики этих процессов (большое число «зацеплений»), как показало моделирование, использовать архитектуру типа рекламируемой в США ЭВМ Сгау, предназначенной для параллельной обработки данных, малоэффективно. Вместе с тем, разработка распределенных спе-

циализированных (заказных) микропроцессорных систем позволяет решить задачу управления шаганием в реальном масштабе времени в меньшем по сравнению с Сгау устройстве управления.

Иными словами, переход от жестких механических связей в кинематической схеме ноги к «развязанной» схеме, дающей максимальную свободу движения ног, стал возможным лишь благодаря прогрессу микроэлектроники и, в частности, техники изготовления заказных микропроцессоров и контроллеров.

В свою очередь задача создания шагающих машин «встречно» определяет требования к архитектуре и составу средств управления. Отличительная черта перспективных роботов, в том числе шагающих, — соединение в единой системе управляемых и управляющих элементов [3]. В их число входят элементы механики, двигателей; средства измерения состояния робота (действующих сил, положения подвижных частей, их температуры и т. п.) и характеристик объектов внешней для робота среды (геометрии рельефа, положения препятствий или обрабатываемых с помощью робота деталей и т. п.); средства вычисления и принятия решений о требуемом движении приводных механизмов и, наконец, средства исполнения движений и стабилизации их при ошибках отдельных двигателей под действием различных возмущений. Собрать в единую систему такие весьма разнородные средства невозможно без создания специальных цифровых и аналоговых микроэлектронных приборов, включающих в себя вычислительные и логические микропроцессорные элементы, память, преобразователи, коммутаторы, силовые ключи, стабилизаторы источников тока и др. [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Охочимский Д. Е., Платонов А. К., Кубушев Е. И., Павловский В. Е., Ярошевский В. С. Мини-ЭВМ в контуре управления шагающим аппаратом. — В кн.: Динамика управляемых систем. — Новосибирск: Наука, 1979.
2. Бернштейн Н. А. О построении движений. — М., 1947.
3. Микропроцессорные системы управления в робототехнике. — М.: Наука, 1984. — 176 с.
4. Ефимов В. А., Кудрявцев М. В., Титов А. Ф. Физическое моделирование передвижения шагающего аппарата. — В кн.: Исследование робототехнических систем. — М.: Наука, 1982, с. 86—92.
5. Платонов А. К. Проблемы разработки микропроцессорных средств для систем управления роботов. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 23—27.

Статья поступила 4 мая 1984 г.

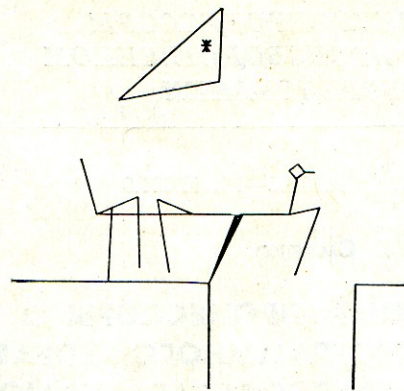


Рис. 5. Преодоление широкого рва аппаратом с шестиногой кинематикой (снимок с экрана графического дисплея). Центр тяжести в данный момент — внутри опорного контура (вверху)

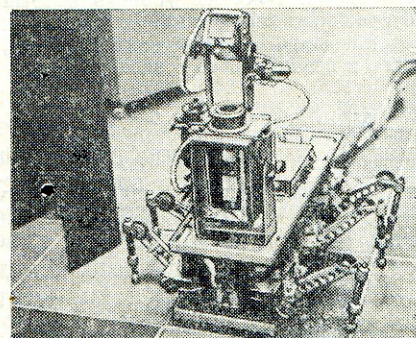


Рис. 6. Макет шагающего робота с оптическим дальномером автоматически обходит препятствие

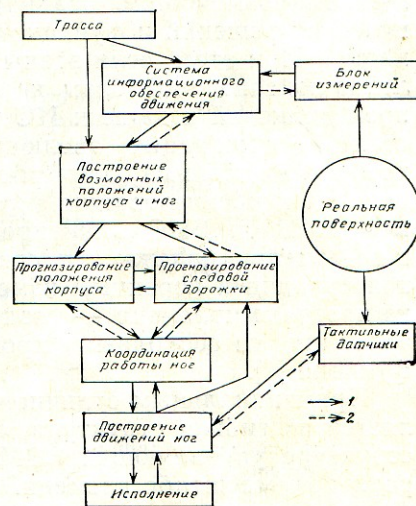


Рис. 7. Структура алгоритмов построения движений шагающего робота

УДК 681.325.5—181.48.621.9

**Г. Г. Смолко**

**МИКРОПРОЦЕССОРЫ В СИСТЕМАХ  
ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИМ  
ОБОРУДОВАНИЕМ**

Увеличение удельного веса специализированного и автоматизированного металлообрабатывающего оборудования, особенно с программным управлением, является основным фактором повышения производительности труда. Высокий уровень автоматизации станков на основе микропроцессорной техники позволяет значительно повысить их производительность, надежность, удобство и безопасность в эксплуатации.

Уровень, масштабы и эффективность автоматизации металлообрабатывающего оборудования существенно зависят от степени развития систем числового программного управления (ЧПУ), которую, как известно, определяет имеющаяся в распоряжении разработчиков элементная база: релейно-контакторная, транзисторная, микросхемы малой и средней степени интеграции, малогабаритные ЭВМ и, наконец, микроЭВМ, микропроцессорные наборы и специализированные БИС для решения различных функциональных задач управления. В результате развития каждой из них выявилась возможность реализации новых технических решений и функциональных возможностей. При этом, если этапы перехода от релейно-контакторной базы к дискретной полупроводниковой и даже к ИС малой и средней степени интеграции эволюционировали как все усложнявшиеся системы управления, то переход к использованию мини-ЭВМ, а затем микроЭВМ и БИС микропроцессоров привел к повышению надежности, совершенствованию конструкции и коренным изменениям в технике программирования — созданию систем управления со свободным программированием функций [1].

Принципиальным отличием этих систем является их гибкая структура, соответствующая структуре управляющей ЭВМ, работающей в реальном масштабе времени. При этом объем функций, характер проводимых операций и их последовательность определяются не специальными аппаратными схемами, а реализуются в виде программ функционирования, кото-

рые записываются в блоки ЗУ и хранятся в них постоянно или временно. Резко расширились функциональные возможности программного управления, появились функции, которые ранее не могли быть реализованы: хранение программы обработки детали и ее редактирование непосредственно на рабочем месте, развитая система диагностики, расширенные возможности индикации на дисплее, возможность диалогового общения с оператором, реализация функций электроавтоматики и другие. Последние разработки отечественных систем ЧПУ, как правило, основываются на широком применении микропроцессорной техники, позволяющей конструировать специализированные средства управления.

Для обеспечения высокой надежности работы оборудования и долговечия систем в целом, помимо высокой надежности самих электронных компонентов, необходимо программное обеспечение, построенное по модульному принципу и позволяющее объединить системы в управляющие сети с глубоким внутренним и межсистемным диагностическим контролем. Такой подход гарантирует непрерывность протекания технологического процесса и оперативное выявление наиболее узких мест при возникновении непредвиденных обстоятельств или сбоев оборудования.

Для достижения действительной гибкости системы необходимо проводить комплексные работы как по созданию стандартизированных единиц или модулей аппаратных средств и программного обеспечения, так и компоновке их в системы ЧПУ. Наиболее важной особенностью модульного принципа построения систем ЧПУ является возможность создания на единой базе, без схемных переработок нескольких модификаций систем ЧПУ различной степени сложности.

К одному из важнейших направлений в развитии систем ЧПУ, обеспечивающих их гибкость, относится совершенствование способов и устройств ввода управляющих программ. Решение этой проблемы в значительной мере определяет возможность унификации и совместимости отечественных и зарубежных систем управления и их связи с внешними системами обработки информации.

Изготовление систем ЧПУ в виде блоков, встраиваемых в станок или в шкаф электрооборудования с выносом пульта управления в зону действия оператора, позволяет значительно сократить занимаемые площади и избежать демонтажа комплекса станок—система ЧПУ при его транспортировке (рис. 1). Создание дешевых и надежных систем на основе микропроцессоров и специальных БИС позволяет перейти к децентрализации блоков управления технологическим объектом, распо-

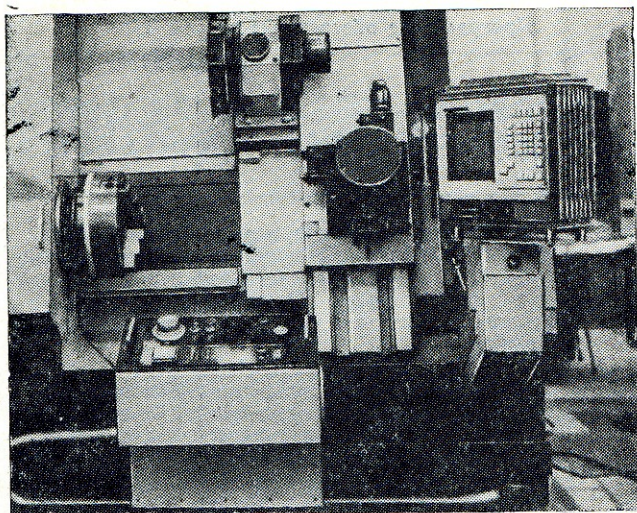


Рис. 1. Общий вид станка 1П311МФЗ с системой ЧПУ НМС 04001.1

ложенных непосредственно на управляемых узлах и осуществляющих локальное управление каждым узлом в отдельности. Одним из направлений в решении поставленных задач является создание в настоящее время специально для систем ЧПУ широкой номенклатуры типовых перепрограммируемых блоков микропроцессорной универсальной вычислительной системы (МУВС) на основе однокристальных микропроцессоров, БИС ЗУ, перепрограммируемых и специальных БИС интерфей-

сов [2]. Создание МУВС сопровождается разработкой программного обеспечения, специальных языков для программирования электроавтоматики станков и технологических циклов.

В состав системы МУВС входят следующие основные конструктивные блоки:

— *дисплейный* (НМС 12.401.1), предназначенный для ввода, оперативного редактирования и хранения программ. Оснащен дисплеем и пультом управления для организации диалогового режима работы. Имеет телеграфные каналы для связи с другими конструктивными блоками системы;

— *управляющий* (НМС 12.402.1) — для выполнения задачи числового управления. В составе системы ЧПУ работает совместно с дисплейным блоком. Обеспечивает управление по четырем осям, линейную и круговую интерполяцию. Решает задачи обработки сигналов от измерительных преобразователей, управляет следящими приводами станка и электроавтоматикой (до 64 выходов и 128 входов). Может оснащаться силовыми ключами и устройствами связи с аналоговыми датчиками. Имеет телеграфные каналы для связи с другими конструктивными блоками. На основе управляющего блока создается программируемый *командоаппарат*, обеспечивающий реализацию функций электроавтоматики в сложных станках, и упрощенная *одноблочная система ЧПУ*.

Эти конструктивные блоки могут служить основой для построения систем управления станками различного технологического назначения (рис. 2). Наиболее простые станки с

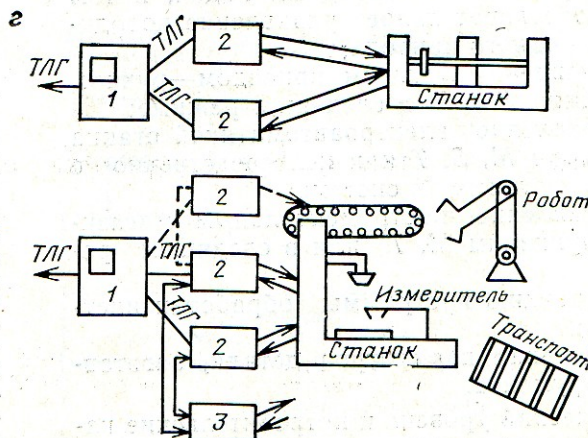
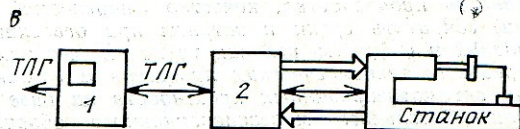
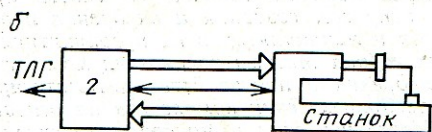
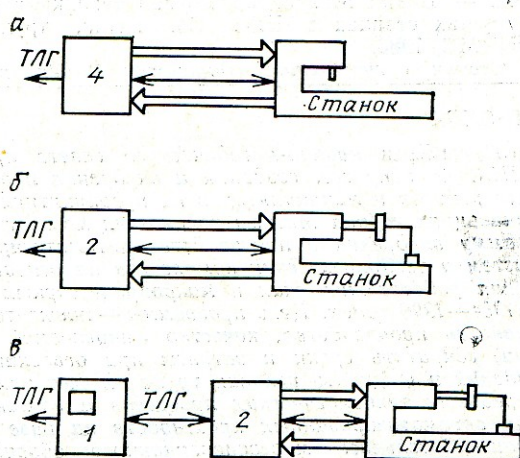


Рис. 2. Варианты построения систем управления на базе МУВС: а — для управления фрезерными, шлифовальными, заточными, обрезающими станками в любом производстве; б — токарными, фрезерными, сверлильными, зубофрезерными в серийном производстве; в — токарными, фрезерными, сверлильными, шлифовальными в мелкосерийном производстве; г — сложными сверлильно-фрезерными, обрабатывающими центрами, производственными ячейками.  
1 — дисплейный блок; 2 — управляющий блок; 3 — командоаппарат; 4 — одноблочная ЧПУ; ТЛГ — телеграфный канал связи

числом управляемых осей до 3-х, предназначенные для работы в условиях серийного производства с преимущественной подготовкой программы вне станка, могут управляться от одноблочной ЧПУ (рис. 2, а) или управляющего блока (рис. 2, б).

Станки с числом управляемых осей до 4-х, предназначенные для работы в условиях мелкосерийного производства с преимущественной подготовкой программы у станка, могут управляться от системы ЧПУ, состоящей из дисплейного и управляющего блоков (рис. 2, в). В этом случае, в системе организуется диалоговый режим работы оператора на технологическом языке, проблемно-ориентированным на вид обработки. Это упрощает ввод и отладку программы с пульта оператора в процессе обработки первой детали партии.

Системы управления для сложных высокоавтоматизированных станков с числом управляемых осей более 4-х и производственных модулей строятся на основе дисплейного блока, нескольких управляющих блоков и одного или нескольких блоков командоаппарата (рис. 2, г). В этом случае дисплейный блок может выполнять функции центрального устройства управления.

В зависимости от значения констант и параметров системы и станка можно реализовать:

- задание исходных данных с точностью 0,1, 0,01 и 0,001 мм;
- управление следящими, гидравлическими, электрическими приводами подач, в том числе последовательное управление координатами от одного привода;
- управление главным приводом—ручное, по функциям *S* и *M* в следящем режиме;
- управление электроавтоматикой станка по функциям *M*, *S*, *T* или непосредственно с реализацией логики в системе;
- управление инструментальным магазином по функциям *M*, *T* или в следящем режиме;
- коррекцию программы обработки инструментов;
- измерение параметров детали, заготовки и инструмента.

Технический уровень и потребительские качества как современных систем управления, так и элементной базы определяются уровнем разработки программного обеспечения, его функциональными возможностями (см. таблицу).

В заключение следует отметить, что наиболее перспективным является путь последовательного оснащения различных видов механообрабатывающего и механосборочного оборудования (станков, роботов, сборочных ма-

#### Программное обеспечение систем ЧПУ

Вид программного обеспечения	Назначение программного обеспечения	Разработчик
Системное	Объединение блоков в систему и организация обмена информацией между блоками за счет операционной системы, файловой системы и диагностических тестов	Изготовитель системы управления
Групповое	Реализация задач управления различными группами станков: токарными, фрезерными, обрабатывающими центрами, карусельными, шлифовальными, зубофрезерными и т. п.	Институты и КБ министерств, применяющих систему
Функциональное	Привязка системы управления к определенной модели станка	Завод-изготовитель станков с ЧПУ

шин, транспортных устройств и т. п.) локальными унифицированными устройствами управления, построенными по блочно-модульному принципу, с последующим объединением их в гибкие производственные модули и участки, т. е. создание управляющих информационных сетей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Manfred von Raven. Numerische Steuerungen. Technischer Stand, Auswahlkriterien. — VDI-Z 123 (1981), N 15/16, s. M241—M246.
2. Гуревич В. М., Рыбанин А. С., Чичерин Ю. Е. Микропроцессорная универсальная вычислительная система для числового программного управления. — В кн.: Микропроцессорная техника в металлорежущих станках с ЧПУ: Сб. научн. трудов. М.: ЭНИМС, 1983.

Статья поступила после доработки 12 декабря 1983 г.

#### МОСКВА

Президиум научно-методического совета при МГК КПСС по вопросам создания и внедрения промышленных роботов и манипуляторов на предприятиях и в организациях города Москвы рассмотрел московскую программу внедрения в производство автоматизированных систем и технологических комплексов на основе применения робототехнических и микропроцессорных средств в 1984—1990 годах. Цель программы — повысить эффективность производства, качество выпускаемой продукции, сократить сроки и затраты при освоении новых изделий и улучшить условия труда за счет применения передовых технологических процессов и создания гибких автоматизированных производств на базе высокопроизводительного многооперационного оборудования, робототехники и управляющих ЭВМ.

#### КИЕВ

В киевском производственном объединении «Точэлектрприбор» разработана комплексная целевая программа по внедрению микропроцессорных комплексов, рассчитанная до 1990 года, создан сектор внедрения и начат планомерный переход к выпуску техники на основе микропроцессорных средств. В последующей пятилетке почти треть продукции «Точэлектрприбор» будет изготавливаться на новой элементной базе.

Ю. М. Соломенцев

## ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ГИБКОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В настоящее время закончился период осмысления, что такое ГАП или ГПС, и начался период реалистического подхода к этому этапу автоматизации производства.

Под ГАП понимается комплекс станков с общими системами управления, транспортировки деталей и инструментов, складирования и контроля, предназначенный для обработки целой гаммы типоразмеров деталей. Налицо единый комплекс информационных и материальных потоков, взаимодействующих по единому расписанию при наличии общего управления.

Основной элемент ГАП — технологический модуль (ТМ) — состоит чаще всего из станка с ЧПУ типа обрабатывающего центра (ОЦ) с накопителями палет\* и магазином инструментов или токарного станка с роботом и накопителем. Такой ОЦ имеет развитую систему управления типа CNC (со встроенной микроЭВМ) с возможностью управлять работой и местного накопителя.

\* Палета — это приспособление, на котором крепится заготовка или деталь при транспортировке.

Два или несколько станков с ЧПУ, связанных общей системой транспортирования и перемещения (манипулирования) деталей, снабженных общей системой контроля инструмента и деталей, образуют технологическую ячейку (ТЯ). С технологической точки зрения ТЯ реализует принцип групповой технологии.

Технологические модуль и ячейка объединяются общими материальными и транспортными потоками и образуют ГАП различной степени сложности.

При внедрении ГАП малые и средние предприятия, как правило, должны начинать с установки гибких ячеек, считая их первой ступенью создания будущей ГАП.

Вторая ступень внедрения касается построения ячеек, объединенных общим транспортом инструмента, заготовок и оснастки и наличием локальных местных накопителей с общим складом инструментов и заготовок — это гибкая производственная система (ГПС).

Третья ступень ГАП — это создание цеха или завода, состоящего из ряда ГПС, объединенных общими

информационными, транспортными и управленческими потоками. Таким путем за рубежом развивались многие известные ГАП, принадлежащие фирмам «МАНО», «WERNER», «KOLB» (ФРГ), WALMET (Финляндия); «FANUC» (Япония), KEPNEY & TREKEP (США), MANDRELLI, OLIVETTI (Италия).

Производственные ячейки представляют собой высокоавтоматизированные производственные узлы со сложным комплексом взаимосвязей и управления.

Наиболее распространена иерархическая структура системы управления (рис. 1). Отметим, что такая структура является типовой практически для всех существующих ГАП. На нижнем уровне расположены устройства управления (микроЭВМ ячейки) отдельными агрегатами: станками, манипуляторами, транспортом, приборами предварительной настройки инструментов и др.

ЭВМ ячейки решает две задачи: координирует деятельность всех компонентов ячейки и осуществляет диалог с обслуживающим оператором. Поэтому функционально микроЭВМ ячейки разделяют на две части — систему для вычислительных операций и систему, обслуживающую задачи управления, административные и организационные (рис. 2).

ЭВМ ячейки координирует работу всей ячейки с помощью гибкого графика работ по специальной программе. Входными данными для генератора графика работ являются сигналы, поступающие со станков и

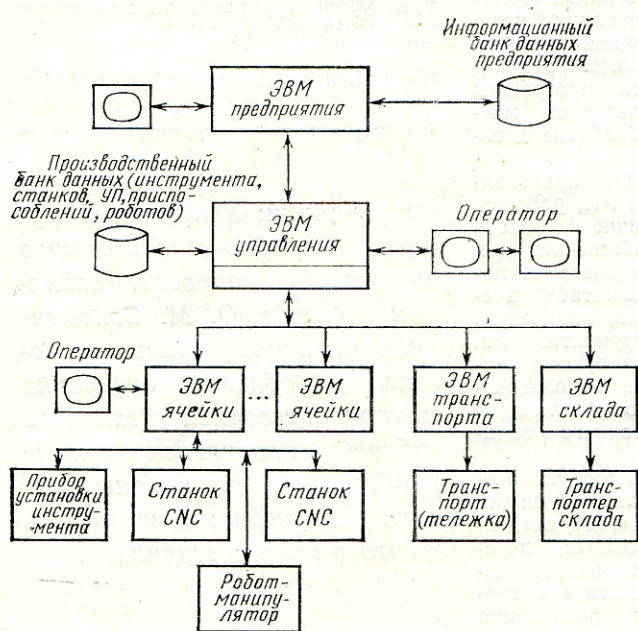


Рис. 1. Иерархия подсистемы управления ГАП

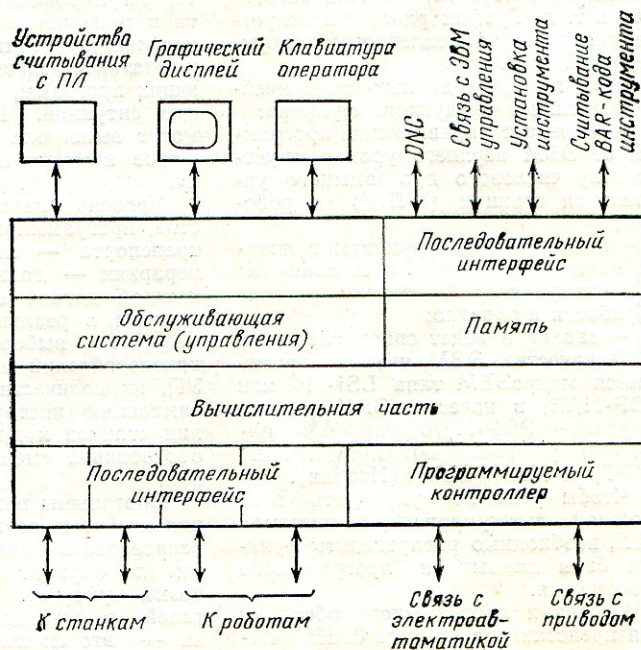


Рис. 2. Функциональная структура микроЭВМ ячейки

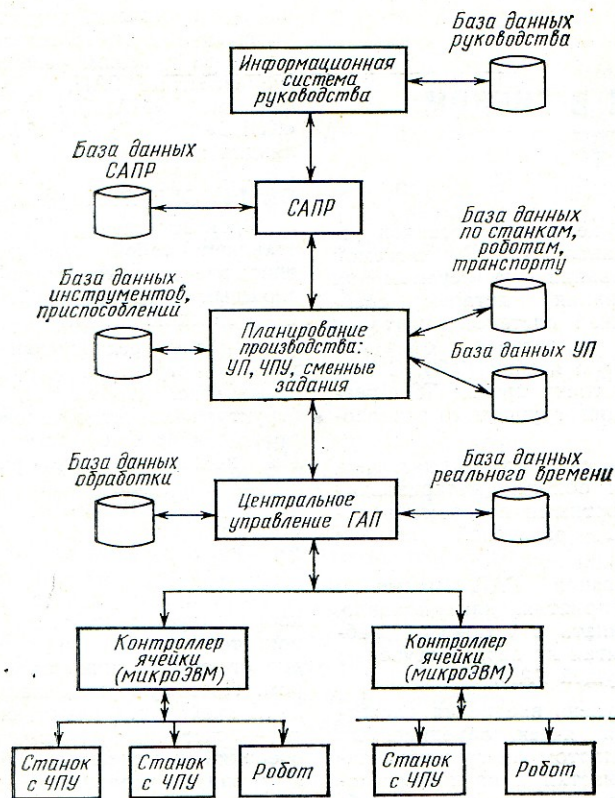


Рис. 3. Иерархия математического обеспечения ГАП

роботов, сигналы о наличии инструмента, их настройке, наличии заготовок и т. д. График работ компонует-ся согласно установленному приоритету действий.

При передаче данных ЭВМ ячейки выполняет следующие функции:

- передает управляющие программы от ЭВМ верхнего уровня к устройству числового программного управления станции (УЧПУ) и роботам;
- направляет инструменты в ячейки на место хранения и сменяет их;
- направляет заготовки к зоне обработки и обратно;
- задает и ведет список нарядов.

В качестве ЭВМ ячейки применяется микроЭВМ типа LSI-11 или PDP-11/23, в качестве ЭВМ верхнего ранга — PDP-11/70 или VAX, например, у фирм DIAC, WERNER (ФРГ) и MANDELLI (Италия).

Чтобы успешно управлять всей сложной интегрированной системой ГАП, необходимо распределить функции базы данных и программного обеспечения.

Иерархия программного обеспечения представлена на рис. 3. На нижнем уровне — ЭВМ контроллера ячейки — находятся управляющие программы (УП) станками, про-

граммы контроля износа инструмента, регулирования износа инструмента и силы резания, программы диагностики, проверки состояния переключателей, моделирования управляющих программ, обработки аварийных ситуаций. Все эти программы могут выполняться в реальном масштабе времени при обработке детали.

Уровень планирования производства, программирования УП, роботов, транспорта — следующий уровень иерархии — должен обеспечить для каждой детали весь процесс ее получения в реальном масштабе времени, т. е. выбор станка, количество приспособлений и инструмента, тип УП, их количество и приоритет, оптимизацию инструмента, использования станков и др. Это фактически образование сменно-суточного задания.

Программы центрального управления ячейками осуществляют функции распределения связей между ячейками (по обработке, проверке, перевозке, буферному складированию деталей) в реальном масштабе времени — это фактически реализация сменно-суточного задания.

На следующем уровне решаются задачи САПР изделия и всей систе-

мы информационного обеспечения предприятия.

В реальном производстве по экономическим соображениям уровень САПР иногда может быть заменен упрощенной системой проектирования. Согласно рис. 1 задачи планирования, САПР и программного обеспечения расположены на уровне ЭВМ предприятия. Например, фирма WALMET практически реализует следующие средства. В качестве ЭВМ (контроллеров) ячейки используются микроЭВМ типа LSI-11, в качестве ЭВМ управления и выше — мини-ЭВМ типа PDP-11/34. Следует отметить, что рассмотренная структура управления типична для подавляющего большинства ГАП.

Что касается систем ЧПУ, то наблюдается тенденция к расширению функций устройств ЧПУ (УЧПУ). Для этого, например, фирма MANDELLI (Италия) встраивает в УЧПУ мощную микроЭВМ PDP-11/23 с ресурсами памяти 128 К слов, встроенной операционной системой типа RSX-11-M. Это позволяет системе ЧПУ иметь широкое функциональное математическое обеспечение по управлению не только станком, т. е. процессом обработки УП, но и коррекцией износа инструмента, его идентификацией, автоматической сменой инструмента, по управлению транспортом внутри ячейки, местным накопителем, диагностикой и т. д. Фирма фактически ликвидировала уровень микроЭВМ ячейки. Налицо распространение мини-ЭВМ типа PDP-11 на нижний уровень — УЧПУ с реализацией функции ячейки. В то же время основным все же является наличие проиллюстрированных выше трех уровней управления с наличием микроЭВМ ячейки.

Статья поступила 7 мая 1984 г.

От редакции: Учитывая растущую народно-хозяйственную значимость вопросов, поднятых в статье Ю. М. Соломенцева, редакция планирует посвятить проблемам внедрения микропроцессорной техники в гибкие автоматизированные производства специальный выпуск (см. информацию на стр. 96 этого номера журнала).

Г. Г. Иордан, В. В. Певзнер

## РЕГУЛИРУЮЩИЙ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОНТРОЛЛЕР РЕМИКОНТ Р-100

Ремиконт Р-100 создан на основе тщательного изучения задач автоматического регулирования большого числа объектов энергетической, металлургической, химической и других отраслей промышленности. Он заменяет пользователю набор из 64 одновременно работающих приборов.

### Влияние микропроцессоров на архитектуру АСУ ТП

Первые опыты применения ЭВМ в АСУ ТП относятся к 60-м годам. В тот период, как и десятилетием позже, ЭВМ были громоздки и дороги, и, чтобы достичь приемлемых технико-экономических показателей, приходилось централизовать управление. Управляющие ЭВМ хотя и работали в режиме реального времени, но во многом повторяли архитектуру больших ЭВМ. Время работы центрального процессора этих машин разделялось между большим числом разнохарактерных задач управления; ЭВМ оснащалась внутренней и внешней памятью большого объема и комплектовалась традиционной для вычислительной техники периферией. Машина соединялась с датчиками и исполнительными устройствами кабельными связями, суммарная протяженность которых в отдельных случаях достигала нескольких сотен километров. С самого начала эксплуатации централизованных компьютерных систем управления выявился их главный недостаток — низкие надежность и живучесть. При отказе ЭВМ жизненно важные центры АСУ ТП оказывались парализованными, что приводило к большим материальным потерям и угрожало безопасности производства.

Частично нейтрализовать этот недостаток пытались двумя способами: резервируя наиболее ответственные функции машины децентрализованными аналоговыми и дискретными приборами, и используя принцип избыточности, т. е. дублируя всю машину или отдельные ее компоненты. Каждый вариант заметное удорожал аппаратное и программное обеспечение, удлинял срок ввода систем в эксплуатацию, увеличивал и без того большую протяженность кабельных связей.

Именно поэтому вплоть до последнего времени у нас в стране и за рубежом ЭВМ оставались в основном принадлежностью информационно-вычислительных комплексов АСУ

ТП. Активные функции управления, связанные с непосредственным воздействием на технологический процесс, выполнялись преимущественно с помощью децентрализованных аналоговых приборов и дискретных устройств с жесткой логикой [1].

Тем не менее, идея полной компьютеризации не оставляла разработчиков АСУ ТП. Их привлекали точность обработки информации цифровыми методами, вычислительные возможности ЭВМ и, главное, — их высокая гибкость и универсальность, связанная с возможностью программирования. В конце 70-х годов микропроцессоры резко улучшили технико-экономические показатели вычислительной техники и сделали реальностью широкомаштабное применение компьютерных устройств в АСУ ТП. Достижения в области цифровых БИС и СБИС настолько изменили облик технических средств управления, что вызвали к жизни новую структурную организацию АСУ ТП — распределенное управление [2].

### Особенности распределенного управления

Принципы распределенной АСУ ТП опираются на широкое применение микропроцессорной техники и исходят из трех основных положений:

— децентрализация функций управления (позволяет обеспечить необходимую живучесть наиболее ответственных подсистем АСУ ТП);

— централизация функций контроля (опирается на дисплейную технику представления информации, уменьшает габариты пультов управления и повышает комфортность работы оператора);

— цифровые методы передачи и обработки информации (позволяют сократить протяженность кабеля, повысить помехозащищенность линий связи и уменьшить статические и динамические ошибки управления).

В распределенной АСУ ТП объект управления разделяется на относительно автономные зоны или участки, обслуживаемые одним или несколькими микропроцессорными контроллерами. Микропроцессорные контроллеры могут быть территориально рассредоточены по объекту управления и приближены к датчикам и исполнительным устройствам. Эти контроллеры выполняют функции автоматического регулирования, логико-программного управления, предварительной обработки информации, технологической защиты.

В связи с тем, что каждый из контроллеров обрабатывает сравнительно небольшой объем информации, при отказе любого контроллера во время его ремонта оператор может управлять процессом вручную. Поэтому отказ

контроллера не наносит ущерба качеству и безопасности управления. Несмотря на то, что контроллеры в распределенной АСУ ТП могут выполнять совершенно разные функции и работать в разных подсистемах, они строятся на стандартном наборе унифицированных модулей и отличаются в основном программным обеспечением.

Одним из представителей нового класса технических средств управления, предназначенных для применения в распределенных АСУ ТП, является регулирующий микропроцессорный контроллер Ремиконт Р-100. Он позволяет решать задачи автоматического регулирования, однако принципы его построения характерны и для других контроллеров, образующих систему распределенного управления.

При разработке Ремиконта Р-100 принимались во внимание указанные выше особенности распределенной АСУ ТП, а также два дополнительных фактора, присущих системам автоматического регулирования: массовость регулирующей аппаратуры и исключительно высокие требования к ее надежности. Первый фактор определил архитектуру Ремиконта Р-100, второй — аппаратно-программные особенности его построения.

## Архитектура

Архитектура Ремиконта Р-100 такова, что он предстает перед пользователем в виде изделия, настраиваемого и функционирующего привычным для специалиста по автоматике образом. Виртуальная (возможная) структура Ремиконта Р-100, отражающая потребительские свойства этого изделия, состоит из следующих элементов (рис. 1): алгоритмических блоков (алгоблоков); библиотеки алгоритмов; средств ввода-вывода информации; средств связи с оператором.

Алгоблок реализован программно и в функциональном отношении эквивалентен от-

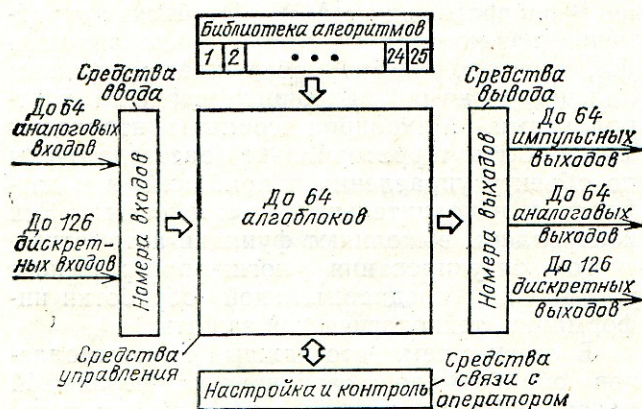


Рис. 1. Виртуальная структура Ремиконта Р-100

дельно взятому аналоговому прибору. Однако в отличие от аналогового прибора, имеющего жестко заданные функции, алгоритм, реализуемый алгоблоком, заранее не определен. Алгоблок содержит собственно входы-выходы, узел задатчика, узел настройки и блок переключения режимов управления. Связи алгоблоков между собой и с входами-выходами контроллера назначаются оператором в процессе настройки контроллера непосредственно на объекте управления.

В Ремиконте Р-100 могут быть задействованы до 64 алгоблоков, работающих независимо друг от друга либо образующих многосвязную систему.

Библиотека алгоритмов управления Ремиконта Р-100 так же, как алгоблоки, реализована программно. Ее состав был сформирован на основе тщательного изучения задач автоматического регулирования большого числа объектов энергетической, металлургической, химической и других отраслей промышленности. Библиотека содержит 25 наиболее употребительных алгоритмов, в том числе алгоритмы пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулирования, статических и динамических преобразований сигналов, ряда математических и нелинейных операций, управляющей логики. Каждый алгоритм образован характерной «связкой» типовых функций управления, таких, как масштабирование, фильтрация, ограничение и т. п. Общее число функций библиотеки алгоритмов достигает сорока.

Каждый алгоритм настраивается на решение конкретной задачи с помощью коэффициентов, наименование которых (например, время интегрирования, уровень ограничения и т. п.) хорошо знакомо наладчикам традиционных систем регулирования.

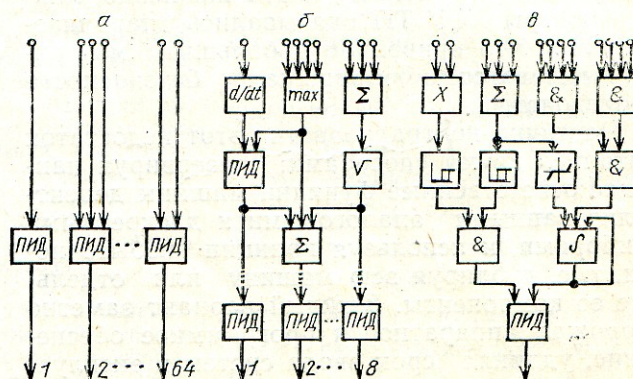


Рис. 2. Варианты конфигурирования Ремиконта Р-100  
а — многоканальная система регулирования, б — многосвязная система с небольшим числом каналов, в — одноканальная многосвязная система высокой сложности

Любой алгоритм в процессе программирования можно помещать в любой алгоблок и использовать многократно.

Таким образом, Ремиконт Р-100 предстает как набор из 64 самостоятельных, одновременно работающих, приборов, «включаемых» в процессе настройки от нажатия небольшого числа кнопок, функциональных клавиш, задающих алгоритмы, систему связей и коэффициенты. Ремиконт Р-100, по желанию потребителя, можно превратить в многоканальный регулятор, либо в малоканальную, но много-связную подсистему управления (рис. 2).

### Аппаратно-программные особенности

Аппаратура Ремиконта Р-100 состоит из микропроцессорного вычислителя, устройств связи с объектом (УСО) и с оператором.

В целом этот состав достаточно традиционен, однако каждая из составных частей аппаратного обеспечения Ремиконта Р-100 имеет свои особенности, преследующие главную цель — обеспечить высокую надежность и минимизировать опасные последствия сбоев и отказов.

Микропроцессорный вычислитель Ремиконта Р-100 построен на базе микропроцессора КР580ИК80. Помимо процессора он содержит также ПЗУ на микросхемах КР556РТ5 с пережигаемыми перемычками и ОЗУ на микросхемах КР188РУ2, выполненные по КМОП технологии. Для сохранения информации при отключении питания используется резервная батарея. В вычислителе приняты особые меры, предотвращающие искажение информации в ОЗУ во время переходных процессов при включении и отключении питания. Специальные аппаратные средства перезапуска предотвращают случайные «зацикливания» программы, приводящие к нарушению заданной периодичности вычислений.

Устройства связи с объектом обеспечивают сопряжение вычислителя с аналоговыми и дискретными датчиками, а также с аналоговыми, дискретными и импульсными исполнительными устройствами. УСО гарантирует устойчивую работу Ремиконта Р-100 в условиях помех высокого уровня. Для подавления помех общего вида УСО содержат индивидуальную (для каждого входного и выходного канала) гальваническую развязку. Импульсные и гармонические помехи нормального вида подавляются аналоговыми фильтрами нижних частот и интегрирующим АЦП.

Устройство связи с оператором имеет панель оператора, модуль индикации и модуль сигнализации отказа. Панель

оператора (выносной блок с функциональной клавиатурой и индикаторами) используется для настройки Ремиконта Р-100 и оперативного контроля за его работой. Модуль индикации позволяет наблюдать за работой контроллера при отключенной панели оператора. Модуль сигнализации отказа содержит аппаратные средства самодиагностики, контролирующие вторичные напряжения питания, нормальную цикличность работы контроллера и сигнал таймера, являющийся датчиком реального времени.

Ремиконт Р-100 снабжен бестрансформаторным стабилизированным источником питания импульсного типа, вырабатывающим напряжения  $\pm 5$ ,  $+12$  В для питания цифровых схем и  $\pm 15$  В для питания операционных усилителей.

Организация программного обеспечения Ремиконта Р-100 также гарантирует высокую надежность. Так как контроллер должен длительное время работать без профилактики, пришлось отказаться от применения внешней памяти на магнитной ленте или дисках. Все программное обеспечение Ремиконта Р-100 — внутреннее и записывается в ПЗУ на заводе-изготовителе.

Программное обеспечение контроллера содержит диспетчер реального времени, программы алгоритмов управления, программу обслуживания внешних устройств (УСО, панели оператора), а также подпрограммы умножения, деления и других арифметических и логических операций. Кроме того, контроллер имеет программные средства самодиагностики и тестирования.

Диспетчер реального времени организует последовательное циклическое выполнение программ алгоритмов управления. Время цикла — величина переменная и задается оператором при настройке контроллера.

Программы алгоритмов управления формируют библиотеку из 25 наиболее употребительных алгоритмов автоматического регулирования.

Программы обслуживания внешних устройств опрашивают регистры аналого- и дискретно-цифровых преобразователей, записывают управляющую информацию в регистры цифро-аналоговых, цифро-дискретных и цифро-импульсных преобразователей. Эти же программы опрашивают функциональную клавиатуру панели оператора и обслуживают светодиодные и цифровые индикаторы этой панели.

Подпрограммы арифметических и логических операций формируются программными модулями.

Программы самодиагностики выполняются в каждом цикле работы контроллера. Встро-

енные тесты помогают локализовать неисправность с точностью до платы, а для модулей ПЗУ — с точностью до микросхемы.

### Конструктивное исполнение

Ремиконт Р-100 может применяться как для автоматизации сравнительно небольших объектов, когда весь объем задач решает один контроллер, так и в распределенных АСУ ТП, в которых используется большое число контроллеров. Поэтому Ремиконт Р-100 имеет два конструктивных исполнения — приборное и шкафное.

Ремиконт Р-100 в приборном исполнении размещается в автономном кожухе (рис. 3), а в шкафном исполнении — в шкафу (в шкафу помещается до четырех контроллеров).

Конструктивную основу обоих исполнений составляет блочный каркас с 23 модулями. Каждый модуль содержит лицевую панель шириной 20 мм и печатную плату размером 160×235 мм. С помощью двух разъемов модуль подключается к внутриблочному интерфейсу (логически соответствует интерфейсу И-41). Входные и выходные аналоговые и дискретные цепи подключаются к модулю через разъемы, установленные на лицевой панели модуля. Для повышения надежности все разъемные соединения дублированы.

Из 23 мест блочного каркаса 9 отводится под модули, входящие в базовый комплект, т. е. модули микропроцессорного вычислителя, индикации и сигнализации отказа. Остальные 14 мест распределяются между модулями УСО в процессе проектной компоновки контроллера.

Ремиконт Р-100 комплектуется блоком стабилизированного питания, панелью оператора и резервной батареей. Кроме того, по специальному заказу в комплект включаются нестабилизированные источники напряжения

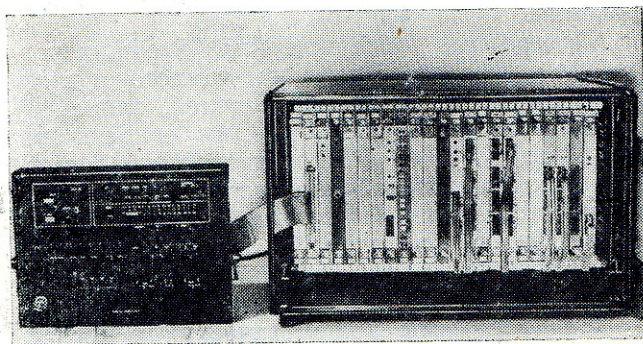


Рис. 3. Внешний вид приборного исполнения Ремиконта Р-100

24 В для питания входных и выходных дискретных и импульсных цепей, а также блок переключения резерва (применяется в схемах дублирования контроллеров).

### Основные технические характеристики

Число входов:	
аналоговых	до 64
дискретных	до 126
число выходов:	
импульсных	до 64
аналоговых	до 64
дискретных	до 126
входные и выходные аналоговые сигналы	0—5, 0—20, 4— 20 мА; 0—10 В
входные дискретные сигналы:	
логический 0 (любой знак)	0—3 В
логическая 1 (любой знак)	18—30 В
выходные дискретные и импульсные сигналы (состояние контактов):	
логический 0	разомкнутое
логическая 1	замкнутое
коммутирующая способность выходных контактов	48 В; 0,1 А
число алгоблоков	до 64
число алгоритмов управления	25
время цикла	0,27— 2,04 с
точность установки сигнала задания	0,1 %
статистическая погрешность стабилизации параметра (без учета погрешности датчика)	0,2 %
время, в течение которого при отключенном питании сохраняется запрограммированная информация	94 ч

Ремиконт Р-100 планируется дополнить портами для подключения к интерфейсам последовательной связи — радиальному ИРПС и магистральному ИМПС.

### Особенности использования

Как уже указывалось, надежность и простота использования — два важнейших параметра любого «активного» устройства управления, непосредственно воздействующего на регулирующие органы и изменяющего параметры технологического процесса.

Принятые в Ремиконте Р-100 меры повышения надежности позволили добиться среднего расчетного времени наработки на полный отказ и на отказ по одному каналу соответственно около 5 и 3 тыс. ч. при использовании не прошедших тренировку общепромышленных микросхем в пластмассовых корпусах. Применение микросхем в металло-керамических корпусах и их предварительная тренировка повышает эти показатели в 3—5 раз. Когда и эти показатели надежности недостаточны, используется дублирование контроллеров.

# „МЕТАЛЛООБРАБОТКА' 84“

«Металлообработка'84» — международная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности», проходила в Москве с 27 марта по 5 апреля 1984 г. Цель ее — показ новых достижений в области металлообработки — ведущей отрасли машиностроения. Кроме того, она содействовала взаимовыгодному сотрудничеству Советского Союза с другими странами: научному, и торговому. На выставке, помимо отечественных экспозиций, видное место заняли экспонаты социалистических стран, с которыми СССР связан взаимными поставками на основе международной кооперации. Широко были представлены также фирмы и организации ряда капиталистических государств: ФРГ (около 190 фирм), Швейцарии (62 фирмы), Франции (60 фирм), Италии (35 фирм), Австрии и Японии (около 30 фирм каждая) и др.

Основные тематические разделы выставки: автоматические линии; станки с программным управлением, специализированные станки для крупносерийного производства; образцы промышленных роботов; измерительное оборудование.

На пресс-конференции, посвященной открытию выставки, Председатель Оргкомитета международной выставки «Металлообработка'84», министр станкостроительной и инструментальной промышленности СССР Б. В. Бальмонт сказал, что в Советском Союзе «...совершен переход к созданию и широкому производству

оборудования с числовым программным управлением. Увеличивается выпуск многоцелевых станков с автоматической сменой инструмента (обрабатывающие центры). Создаются станочные модули, из которых комплексируются автоматические участки и линии, управляемые от центральной ЭВМ. Осуществляется широкий переход к созданию и выпуску станков с устройствами ЧПУ на базе больших интегральных схем и микропроцессоров...».

## В павильоне СССР

Советский Союз — организатор выставки. Одиннадцать наших министерств и ведомств демонстрировали в павильоне СССР около 300 экспонатов. Среди них немало новинок, не имеющих аналогов в мировом станкостроении. Посетители увидели все известные в современной мировой практике типоразмеры металлорежущего оборудования — от станков для часовой и приборостроительной промышленности до крупнейших карусельных и продольно-обрабатывающих станков тяжелого, энергетического, металлургического машиностроения.

Советские экспонаты знакомили с различными новинками современной металлообработки: от литья, пресования, штамповки до токарной обработки и шлифовки. Важно отметить, что у большинства представленных образцов металлообрабатывающей техники числовое программное управление от микроЭВМ и микропроцессоров.

Заложенные в Ремиконте Р-100 аппаратно-программные средства самодиагностики вырабатывают обобщенный сигнал об отказе, который автоматически переключает управление на горячий резерв. Благодаря встроенным тестам удается быстро локализовать неисправность и восстановить нормальную работу контроллера; поэтому надежность дублированного Ремиконта Р-100 резко возрастает; расчетная величина среднего времени наработки на полный отказ при использовании общепромышленных микросхем в пластмассовых корпусах составляет 50 тыс. ч.

Простота использования Ремиконта Р-100 определяется его упрощенным программированием. Как известно, программирование — одна из главных проблем применения вычислительной техники вообще и микропроцессорной техники в частности. Чтобы решить эту проблему, все программное обеспечение Ремиконта Р-100 сделано внутренним и «прозрачно» — для пользователя. Более того, последний вообще может не знать о компьютерной природе контроллера, ему не требуется определять регистры и память, планировать задачи, изучать особенности операционных систем, язык микропроцессора или какой-либо язык высокого уровня. Ремиконт Р-100 посту-

пает с завода-изготовителя полностью готовым к работе и для его запуска не нужны услуги посреднических организаций. Нажатием небольшого числа функциональных клавиш его легко настроить на решение требуемой алгоритмической задачи непосредственно на объекте. Наладчику традиционных аналоговых систем регулирования, не знакомому ни с вычислительной техникой, ни с программированием, требуется на это несколько часов. Так же просто и быстро вносятся изменения или дополнения в проект автоматизации. Функциональные возможности и гибкость Ремиконта Р-100 достаточны для решения подавляющего числа задач, возникающих при автоматическом регулировании большинства непрерывных и непрерывно-дискретных технологических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дуэль М. А. Автоматизированные системы управления энергоблоками с использованием средств вычислительной техники. — М.: Энергоиздат, 1983. — 20 с.
2. Иордан Г. Г., Курносоев Н. М., Козлов М. Г., Певзнер В. В. Микропроцессорное распределенное управление — новый принцип структурной организации АСУ ТП. — ПСУ, 1980, № 1, с. 14—16.

Статья поступила 16 декабря 1983 г.

Так, внимание посетителей в павильоне привлекли АЛУ-03 — машина, полностью механизировавшая процесс литья, и комплексно-механизированная линия АЛ711Б08, включающая в себя машину для литья под давлением, обрубной пресс для заливки жидкого металла и манипуляторы для съема отливок и смазки пресс-формы.

Среди кузнечно-прессового оборудования в экспозиции были интересны пресс модели К2128Ф3 с ЧПУ для автоматической подачи заготовки и смены штампов, а также роботизированный участок штамповки деталей, созданный на базе двух прессов КД2328, трехрукого робота КМ5Ц4202 и магазинного устройства.

В группе токарных станков с ЧПУ были обрабатывающие центры, например, ОЦ ИР320 Ивановского СПО (см. фото на развороте вкладки).

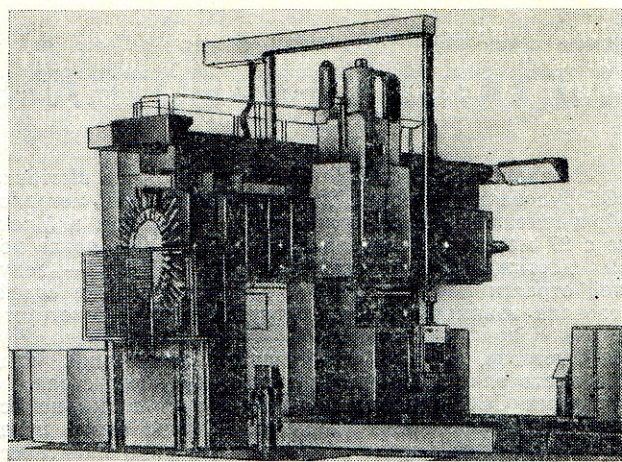
Высокопроизводительные сверлильно-фрезерно-расточный координатный станок 2А459АМ1Ф4 и продольный фрезерно-расточный станок 66К25МФ4 снабжены системами ЧПУ и устройствами автоматической смены инструментов и обрабатываемых изделий.

Посетители увидели и автоматические манипуляторы (промышленные роботы) для оснащения литейного и металлообрабатывающего оборудования и автоматизированных комплексов из них.

Роботизированный комплекс 1720ПФЗО предназначен для токарной обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, сферических, торковых и торцовых поверхностей деталей типа тел вращения. Он включает в себя токарный полуавтомат с оперативной системой программного управления, робот для автоматической загрузки и тактовый стол. Так же устроен и роботизированный комплекс 16К20Ф3.

Среди станков для финишной обработки преобладали шлифовальные станки с ЧПУ, в том числе профилированный оптический станок повышенной точности модели 3952Ф1 и плоскошлифовальный полуавтомат модели 3Е-711ВФ2 с оригинальным устройством ЧПУ. В последние годы советские станкостроители добились значительной точности обработки на станках.

Специалисты различных областей и гости выставки познакомились со сверлильно-фрезерно-расточными об-



Продольный фрезерно-расточный станок 66К25МФ4

рабатывающими центрами и гибкими производственными модулями, оснащенными накопителями заготовок и устройствами смены обрабатываемых изделий. Бесспорно интересны экспонаты, представляющие ГАП — гибкие автоматизированные производства. Это (показанные фрагментами) гибкая производственная система «Талка-500» и автоматическая переналаживаемая линия ПАС МА-1.

Система «Талка-500» Ивановского станкостроительного производственного объединения имени 50-летия СССР предназначена для обработки корпусных деталей из конструкционных материалов в мелкосерийном производстве. От заготовок до готового изделия обработка идет автоматически с управлением от ЭВМ.

Система включает в себя функциональные подразделения: подготовки производства и готовой продукции, производства, управления.

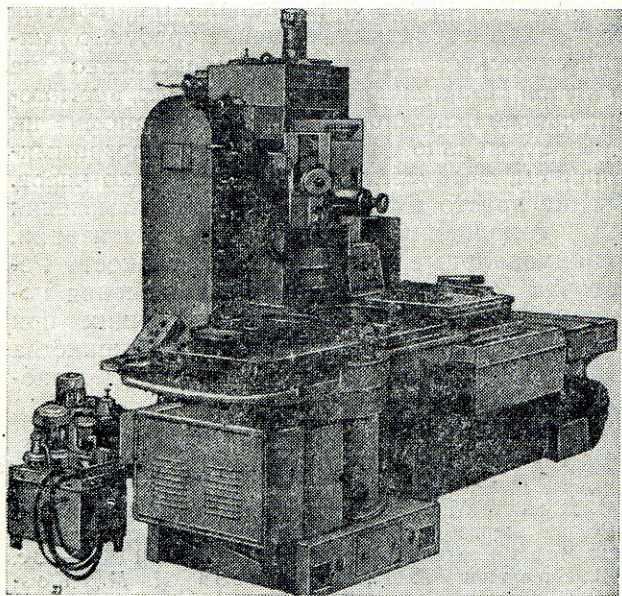
Подразделение подготовки производства и готовой продукции — это автоматизированный склад для хранения заготовок и столов-спутников с собранными установочными приспособлениями; приводные рольганги, которые доставляют заготовки и столы-спутники к установочным приспособлениям, к складу и от склада к станции загрузки; стенды для сборки установочных приспособлений на столах-спутниках.

Когда ЭВМ, выдавая информацию на табло, подает команду, на месте подготовки и настройки инструментальных комплексов с использованием приборов настройки типа БВ2010 готовится комплект инструментов на заданную деталь-операцию.

Транспортная система доставляет на станки комплекты режущего инструмента в специальных устройствах в автоматическом цикле и загружает инструменты в магазины станков. Кроме того, она доставляет заготовки, установленные на столах-спутниках, от станции загрузки на многоместные накопители обрабатываемых центров «Модуль-500», а обработанные детали от многоместных накопителей — на станции разгрузки, и также возвращает пустые столы-спутники от станции разгрузки до станции загрузки.

Комплексная автоматизированная система спутников устанавливает детали в положение, точно зафиксированное относительно координат нулевого положения, и закрепляет их.

Производственное подразделение состоит из четырех ОЦ (обрабатывающих центров) «Модуль-500» и одного ОЦ ИР-800МФ4, а также транспортной системы ТС-500, связывающей металлорежущее оборудование с подразделением подготовки производства и готовой продукции.



Сверлильно-фрезерно-расточный координатный станок 2А459АМ1Ф4

Обрабатывающий центр «Модуль-500» — многоцелевой станок — оснащен устройствами автоматической смены инструмента и столов-спутников, а также восьмиместным накопителем столов-спутников. Обрабатывающий центр ИР-800МФ4 тоже оснащен устройствами автоматической смены инструмента и столов-спутников.

**Управление гибкой производственной системой «Талка-500».** Программное обеспечение работы системы двухуровневое. Верхний — это специализированный комплекс на базе ЭВМ типа СМ-2 с внешними устройствами. Он перерабатывает, хранит и обменивается информацией с устройствами нижнего уровня. Нижний — устройства числового программного управления (УЧПУ) станками, программируемые контроллеры, управляющие транспортной системой и автоматизированным складом, и другие местные устройства управления вспомогательными агрегатами.

**ПАС МА-1** — гибкая широкономенклатурная автоматическая линия типа ГПЛ7ШН.КД. Линии этого типа в среднесерийном производстве предназначены для автоматической обработки групп корпусных деталей машин. Работой всех механизмов линии управляет программируемый контроллер (ПК).

Если ПАС МА-1 оснастить соответствующими шпиндельными коробками, сменить приспособления и ввести в ПК новые программы, то она перенастраивается на обработку новой группы корпусных деталей, близких по габаритам.

Оборудование, подобное гибкой производственной системе «Талка-500» и автоматизированной переналаживаемой линии ПАС МА-1, имеет большое будущее. Оно отражает тенденцию отечественного и мирового станкостроения — создание безлюдных производств.

В советском павильоне постоянно работали представители «Станкоимпорта» и заводов-изготовителей демонстрировавшихся экспонатов, давая посетителям квалифицированную консультацию по всем вопросам.

Внешнеторговое объединение «Станкоимпорт», по данным сводного каталога советских экспонатов, торгует с организациями и фирмами почти 90 стран. Один из примеров — участок обрабатывающих центров Иванковского СПО семейства ИР работает в цехе фирмы «ОЮ Тампелла АВ, Тамрок» в Тампере (Финляндия). Обрабатывающие центры из Иванова поставляются и в другие высокоразвитые капиталистические государства: Японию, ФРГ, США.

## Устройства управления металлообработкой

В комплектующие изделия, в число которых веками входили шлифовальные круги, сверла, резцы, позже — электроприводы, фотоэлектронные реле, теперь во всем мире включают элементы вычислительных систем, устройства числового программного управления. Так, типовая система централизованного управления участком станков АСУ-ЧПУ-АСК (экспонат СССР) обеспечивает устойчивую работу участка станков с ЧПУ при механической обработке корпусных деталей в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Возможность программирования — одно из решающих преимуществ современной микропроцессорной техники управления. Программирование позволяет быстро менять циклы станка или параметры обработки. Однако для записи таких данных, их обработки и запоминания необходимы различные портативные устройства: УЧПУ, магнитофоны, диски.

Представленные на выставке устройства семейства УНИМЕРИК CNC венгерской фирмы ВИЛАТИ представляют собой микропроцессорные УЧПУ типа CNC. Они предназначены для управления станками сверлильно-фрезерной группы, обрабатывающими центрами и другими видами высокоавтоматизированного оборудования. УЧПУ УНИМЕРИК CNC выполнены на современной элементной базе с применением мощных 16-раз-

рядных микропроцессоров; быстродействующих серий интегральных микросхем с малым потреблением энергии; специальных БИС, разработанных для задач управления металлообрабатывающим оборудованием.

Современная блочно-модульная структура аппаратной части и программного обеспечения УЧПУ УНИМЕРИК позволяет комплектовать системы управления различного назначения и сложности. Гибко наращивать функции управления систем ЧПУ можно, меняя состав модулей и сохраняя в основном математическое обеспечение блоков. Основные модули устройств подключаются к общей шине через унифицированный магистральный интерфейс, и любой из них может быть и источником, и приемником информации.

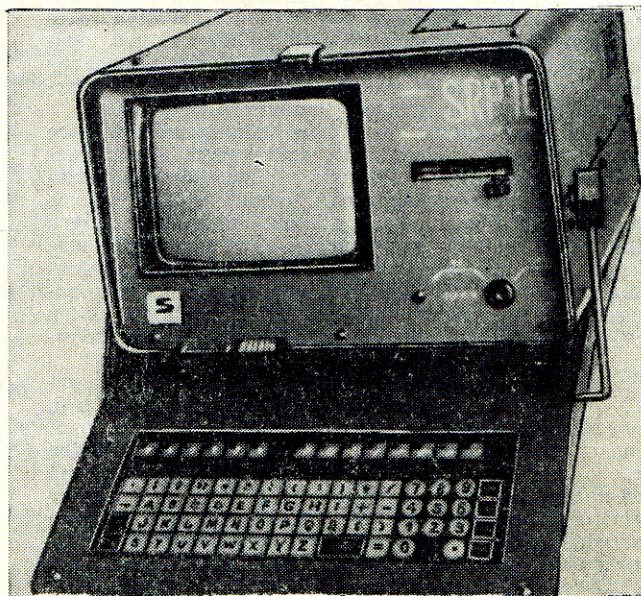
Обрабатывающий центр М65 Чепельского станкостроительного завода оснащен системой ЧПУ УНИМЕРИК 723, которая может вводить (и выводить) управляющие программы (УП) с ЭВМ высшего уровня и данные с носителя периферийного устройства; редактировать с индикацией поля УП; устанавливать в исходное положение органы станка; вручную вводить с клавиатуры величины смещения ноля, корректировать актуальные значения параметров и индигировать их; тестировать УП; измерять величины смещения ноля и размеры инструмента; непрерывно и по кадрам обрабатывать УП; повторять циклы.

Устройство ЧПУ CNC 600 производства ГДР — тоже модульное, мультипроцессорное. Несколько микроЭВМ CNC 600 работают одновременно и связываются друг с другом только для обмена данными. Управляет ими одна микроЭВМ (ЭВМ командоаппарата).

Благодаря удобному набору подпрограмм программирование упрощено. Потребитель самостоятельно определяет специфические для детали технологические подпрограммы и программирует контуры детали.

Оператор УЧПУ НЮМ 560 или НЮМ 760 (французской фирмы НЮМ С. А.) имеет в своем распоряжении панель управления с экраном. Это позволяет ему легко управлять всеми операциями подготовки, загрузки, изменения и контроля программы.

Система СЧПУ РОБОНЮМ 700 управляет различными типами роботов. Модульная конструкция позволяет расширять возможности системы в зависимости от



Устройство для подготовки программ модели SRP-10 фирмы Санкио

количества управляемых осей (от 4 до 8). Подключаемый блок обеспечивает программирование с помощью позиционного обучения, а структура вложенных циклов облегчает программирование повторяющихся фаз. Программы выполняются под наблюдением оператора. Устройства SRP-10 и SRP-30 фирмы Санкио (Япония) готовят программы для сборочных роботов СКИЛАМ.

Фирма BOSCH (ФРГ) поставляет в СССР устройства Альфа 2 и PEG. Ими можно успешно программировать у станка, в конторе мастера или в отделе программистов. Не пользуясь языком программирования, токари, мастера или программисты могут разработать комплектную программу токарной обработки деталей за несколько минут. В состав устройства Альфа 2 входят микроЭВМ и пакет программного обеспечения со всем необходимым для управления токарной обработкой.

Устройство программирования и ввода PEG шаг за шагом транслирует на экране дисплея рабочий чертеж, сигнализируя об ошибках при вводе данных. Диалог между устройством и оператором, как сообщает проспект, идет на языке токаря, т. е. на языке высокого уровня. Пользуясь элементарными клавишами, оператор в диалоге с ЧПУ описывает в рабочем чертеже обрабатываемую деталь в соответствии с ее размерами. При этом заготовка поэтапно создается на экране дисплея. При нелогичном вводе или превышении предельных параметров станка на экране появляется известие об ошибке открытым текстом. Ошибочный ввод можно корректировать и графически.

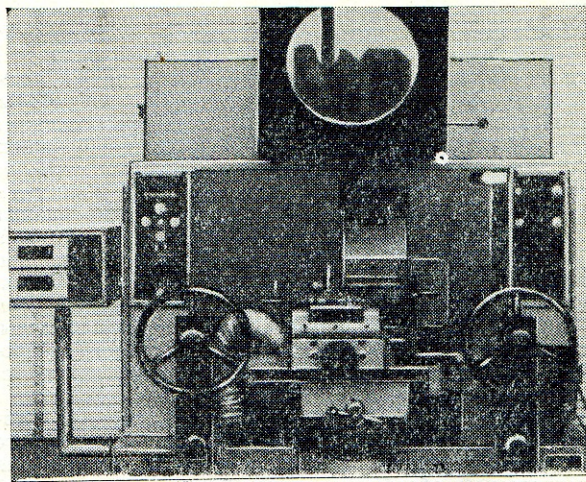
Описав геометрию, оператор в режиме диалога моделирует рабочий план; устройство PEG задает ему вопросы о последовательности резания участков, подбора инструментов и способов резания, а токарь отвечает. Затем PEG автоматически распределяет проходы по отдельным участкам резания и записывает данные в формате ЧПУ в устройство CNC Альфа 2 или в кассету, на перфокарту и т. п.

Модульная микропроцессорная система управления TX-8K типа CNC фирмы Трауб (ФРГ) предназначена для токарных станков. Благодаря модульному построению системы управления к станку можно подключать манипулятор и различные периферийные приборы. Точность позиционирования определяется лазерным инструментом. Устройство ЧПУ TX-8 выполнено на базе мощных 16-разрядных микропроцессоров фирмы Intel. Составив программу непосредственно у станка, что важно в условиях мелкосерийного производства, оператор моделирует ее целиком или частями, получая на дисплее текстовое сообщение об ошибках в программе.

При моделировании на экране вычерчивается все изделие (начиная с заготовки), инструмент, кромки зажимов и задней бабки. Резание изображается в динамике, как в мультфильме. Если нужно, можно менять скорость работы и масштаб изображения, смещая его по вертикали или по горизонтали. Это позволяет еще при программировании в диалоговом режиме выявить возможность столкновений между инструментом и зажимными устройствами или центром задней бабки и точно установить параметры аварийного кадра программы.

На выставке экспонировались также устройства типа CNC фирм Фанук (Япония) — Фанук Систем 3 и 6, Сименс (ФРГ) — Сименс Систем 3 и 8.

Гибкое программирование на станке необходимо для опытного или малосерийного производства при частой смене продукции. Когда же цех 2—3 года не меняет типоразмеры изделий, все еще экономически выгоднее традиционное программирование программистом-технологом в бюро или отделе технолога. Французские фирмы Графаэль, Бенсон и Секапа Информатик специализируются в поставке систем для автоматизированного проектирования и графопостроения. Например, система ПСИ 2 фирмы Графаэль автоматически печатает перфокарты для токарных, фрезерных и дыропробивных



Оптический профилишлифовальный станок модели PFS 2 фирмы PeTeWe (ФРГ)

станков. Все параметры программист-технолог программирует с помощью вопросов-ответов на языке технолога, причем система графически моделирует механическую обработку на дисплее.

Микропроцессорные системы управления по простым подпрограммам позволяют достигать большой точности обработки на оптических профилишлифовальных станках семейства PFS 2 (ФРГ) и др. Оператор может посмотреть на экране изделие на любом этапе изготовления и для сравнения чертеж требуемого профиля.

Фирма Сорис, 35 лет сотрудничающая с советскими внешнеторговыми организациями, специализируется в области станков и робототехники.

Фирма Симаг Информатик представила ЭВМ для контроля технологических процессов: микромашины 2 000 и 3 000 на микропроцессоре Z80A и микромашину 4 000 на микропроцессоре 8086. Эта же фирма показала специализированное периферийное оборудование: терминалы с клавиатурой и экраном, печатающие устройства с русским алфавитом, графопостроитель, синтезатор речи.

## Научно-технический симпозиум «Металлообработка'84»

Международная выставка «Металлообработка'84» стала одновременно и местом дискуссий специалистов о современных проблемах отрасли и путях ее развития в будущем. Этому способствовал научно-технический симпозиум, на который представили более ста докладов по основным тематическим направлениям выставки. Все доклады так или иначе касались создания завода-автомата на базе иерархии вычислительных машин: мини-, микроЭВМ.

Участие в международной выставке, лекции, доклады, встречи, изучение образцов оборудования, технической и рекламной литературы обогатили специалистов разных стран большой и полезной информацией. Они смогли объективно оценить современный научно-технический уровень станкостроительной и инструментальной промышленности.

За время выставки в Коммерческом центре советскими внешнеторговыми организациями были заключены контракты с фирмами и предприятиями зарубежных стран на экспорт и импорт оборудования.

Московский смотр — «Металлообработка'84» — внес существенный вклад в развитие международных научно-технических и торгово-экономических связей.

УДК 681.32

Ю. И. Тергов

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ АЦП И ЦАП ЧЕРЕЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

Преобразователи аналог—код (АЦП) и код—аналог (ЦАП) [1] можно подключать непосредственно к сигнальным шинам микропроцессора, но значительно проще использовать для этого стандартные параллельные интерфейсы: для микроЭВМ «Электроника 60» и совместимых с ней по сигнальным шинам (МПИ [2]) — ячейку параллельного интерфейса И2 (И1), а для микроЭВМ на основе процессора КР580ИК80 — БИС КР580ИК55.

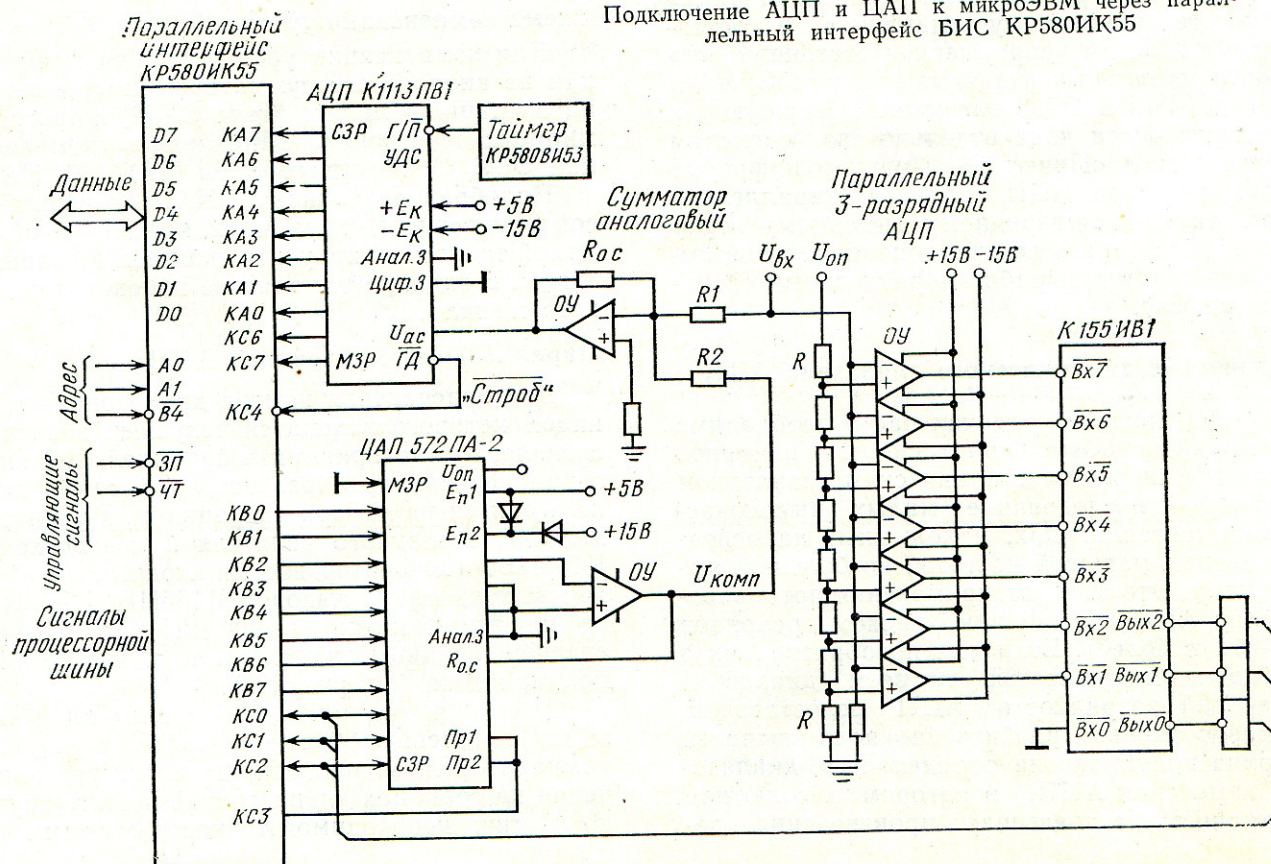
Большинство серийных АЦП с регистром последовательного приближения в обычном (Ф-7077 и др.) и интегральном (К1113 ПВ1

и др.) исполнениях срабатывают от двух управляющих сигналов: «Пуск преобразования (Г/П) и «Конец преобразования» («Готовность данных» — ГД).

Сигнал «Пуск преобразования», поступающий на АЦП (см. рисунок), запускает внутреннюю схему управления преобразованием. Этот сигнал вырабатывается как аппаратно — от внешнего таймера КР580ВИ53, так и с помощью программной установки и сброса одного из разрядов вспомогательного регистра, используемого в качестве одnorазрядного порта вывода. Для этого пригоден разряд PC 00 или PC 01 регистра состояния интерфейса И2 или (применяя БИС КР580ИК55) один из разрядов регистра С, так как каждый разряд регистра С может быть установлен в состоянии «1» или «0» одной командой.

Сигнал ГД вырабатывается схемой управления АЦП К1113ПВ1 и поддерживается в пассивном состоянии от начала до завершения

Подключение АЦП и ЦАП к микроЭВМ через параллельный интерфейс БИС КР580ИК55



цикла преобразования. Активный уровень сигнала ГД сигнализирует о возможности принять данные с числовых шин АЦП. Поэтому сигнал ГД следует подключить к входу КС4 — порту ввода сигнала «Строб»). По фронту сигнала «Строб» данные с числовых шин переписываются во внутренний регистр порта БИС КР580ИК55, затем устанавливается флаг готовности и может генерироваться сигнал прерывания.

Выходной буферный регистр данных в составе параллельного интерфейса позволяет подключаться к выходам КВО—КВ7, КСО—КС3 ЦАП без внутреннего буферного регистра или с таковым (572 ПА-1, 572 ПА-2). Для переписи кода на регистр ЦАП 572 ПА-1, 572 ПА-2 требуется подать разрешающий сигнал «Прием» на входы Пр.1, Пр.2. В интерфейсе И2 (И1 [3]) его заменяет сигнал «Вывод», генерируемый после каждой записи процессором нового слова в выходной регистр интерфейса. В БИС КР580ИК55 подобный сигнал генерируют порты А (выход КС7) и В (выход КС1), запрограммированные на вывод в режиме «1». Так как порты А и В 8-разрядные, то для подключения ЦАП с большей разрядностью (572 ПА-2) используют совместно порты А, В и половину разрядов порта С, запрограммированных для работы на вывод в режиме «0». Сигнал «Прием» можно генерировать, устанавливая в состояние «1» и затем сбрасывая в состояние «0» один из остальных разрядов регистра С.

В ЦАП 572 ПА-2 загружают старшую и младшую части кода отдельно по сигналам «Прием 1» и «Прием 2». Поэтому цифровые входы регистра АЦП следует параллельно подключить к 8-разрядному выходному порту интерфейса (при наличии дополнительной логической схемы выработки раздельных сигналов приема).

### Расширение динамического диапазона АЦП

В практических задачах часто необходимо с высокой относительной точностью измерить сигналы с широким динамическим диапазоном (пример — исследование малых высокочастотных составляющих, наложенных на основной сигнал меньшей частоты, но большой амплитуды). Это требует применения преобразователей АЦП с большим числом разрядов (10—12 и более). Если для преобразования с необходимой точностью во всем диапазоне измерений разрядность АЦП недостаточна, диапазон можно разбить на поддиапазоны. Ширина поддиапазона определяется диапазоном измерения АЦП, в котором абсолютная погрешность не превышает произведения до-

пустимой относительной погрешности на полную величину изменения исследуемого сигнала.

Так, для 8-разрядного преобразователя с входным диапазоном 0—1 В разрешающая способность соответствует  $1/256$ , а относительная точность преобразования — 0,2% (динамический диапазон — 48 дБ). Для измерения входного сигнала в диапазоне 0—8 В с той же разрешающей способностью (соответствует относительной точности 0,025%) потребовался бы 11-разрядный АЦП. При использовании 8-разрядного АЦП, диапазон 0—8 В следует разбить на 8 поддиапазонов. Измерение проводят за несколько последовательных шагов — это снижает возможную частоту квантования. Сначала определяется поддиапазон, в пределах которого находится мгновенное значение измеряемого сигнала. Затем при помощи схемы компенсации уровня на вход преобразования подается разность между мгновенным значением сигнала и напряжением, равным нижней границе этого поддиапазона.

Установив с допустимой погрешностью уровень входного сигнала АЦП, нужно произвести оцифровку сигнала, дающую 8 младших разрядов кода мгновенного значения сигнала. Старшие разряды равны двоичному коду номера поддиапазона.

### Схема компенсации уровня

Для компенсации уровня удобна комбинация из аналогового сумматора, построенного на операционном усилителе СУ [2] и программируемого источника напряжения компенсации  $U_{\text{ком}}$  с использованием ЦАП 572 ПА-2.

Подобрав разрядность ЦАП и величины сопротивления  $R_{0.c.}$ ,  $R1$  и  $R2$ , можно с необходимой точностью получить скомпенсированный сигнал в заданном диапазоне изменения входного сигнала.

### Параллельный 3-разрядный АЦП

Для определения номера диапазона, в границах которого находится текущее значение сигнала, нужно применить параллельный аналого-цифровой преобразователь, который легко строится из набора операционных усилителей ОУ, эталонного делителя и микросхемы К155ИВ1 (шифратор восьми входных линий в три выходные). С выходов К155ИВ1 снимается инвертированный двоичный код номера старшей единицы на входах, т. е. код номера поддиапазона (см. рисунок).

Применяя операционные усилители с разомкнутой цепью обратной связи в режиме компараторов, можно снизить порог переключения на границах диапазонов. Без этого трудно достичь необходимой точности системы.

Р. А. Лашевский, Э. Э. Тенк, В. С. Хорин

ОДНОКРИСТАЛЬНОЕ СТАТИЧЕСКОЕ ОЗУ  
СО ВСТРОЕННЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Применение усовершенствованной  $n$ -канальной технологии с минимальным топологическим размером 2,5 мкм позволяет перейти к выпуску однокристалльных блоков памяти со стандартным интерфейсом типа Интербис и большим запасом устойчивости в рабочем диапазоне температур от  $-60$  до  $+85^\circ\text{C}$  при допустимом отклонении напряжений питания  $\sim 10\%$ .

Микросхемы статических ОЗУ емкостью 16 Кбит имеют одноразрядную ( $16\text{K} \times 1$ ) или байтовую ( $2\text{K} \times 8$ ) организацию. Первые предназначены для построения ОЗУ относительно большой емкости — более чем 16 К слов, вторые — для ОЗУ емкостью  $2\text{K} \dots 16\text{K}$  8-, 16-разрядных слов.

16-разрядные микроЭВМ с однокристалльным процессором, как правило, имеют единую внутреннюю магистраль передачи информации. Структура магистрали определяет интерфейс блока ОЗУ, т. е. совокупность адресных, информационных и управляющих шин, для которых задана временная диаграмма движения сигналов. В большинстве отечественных 16-разрядных микроЭВМ принят интерфейс типа Интербис\*, отражающий характерное для БИС ограничение по числу выводов (адрес и информация передаются по одним и тем же шинам с разделением во времени).

Блок ОЗУ 16-разрядной ЭВМ, построенный на микросхемах статического ОЗУ с байтовой организацией, должен содержать, кроме микросхем ОЗУ, большое число микросхем малой и средней степени интеграции для реализации интерфейса блока, обеспечивающего связь с общей шиной. Дополнительные микро-

схемы выполняют функции мультиплексирования линий шины, дешифрации кодов, выбора кристалла в поле памяти. Эти микросхемы в значительной мере определяют размеры и трудоемкость изготовления одноплатных микроЭВМ.

Развитие технологии и увеличение степени интеграции  $n$ -канальных БИС позволяют перейти к выпуску качественно новых микросхем — однокристалльных блоков памяти для микропроцессорных средств вычислительной техники. К их отличительным особенностям относятся многоуровневая организация, соответствующая разрядности микропроцессорной системы, и наличие встроенных аппаратных средств, обеспечивающих подключение блока к общей шине системы без дополнительных микросхем.

Микросхема K1809PU1 представляет собой блок статического ОЗУ с организацией  $1024$  16-разрядных слов и интерфейсом Интербис. Микросхема работает в режимах записи и считывания 16-разрядного слова, записи старшего или младшего байта, считывания и записи слова по одному адресу, считывания слова и записи байта по одному адресу, хранения информации.

В состав блока ОЗУ входит программируемое устройство для дешифрации 5-разрядного кода сигнала выбора кристалла, содержащее 5-разрядный регистр и схему сравнения. Доступ в регистр осуществляется по определенному адресу FFF0. Устройство позволяет обойтись без внешнего дешифратора, если к общей шине присоединено несколько блоков памяти, а также изменять положение хранящегося в блоке массива информации в адресном поле микроЭВМ.

В состав микросхемы входят накопитель информации, дешифратор строк, дешифратор столбцов, разрядная схема (РС), схема формирования синхроимпульса памяти (СИП), буфер адреса, схема формирования тактовых импульсов, схема управления считыванием — записью, схема выбора кристалла, регистр режима работы, блок смещения подложки (рис. 1).

\* Проблема внутрисхемного интерфейса в микропроцессорных системах /М. П. Гальперин, В. В. Городецкий, А. Ф. Дрипак, В. Н. Огинский. — УСиМ, 1982, № 6, с. 17—24.

При медленно меняющемся входном сигнале компараторов в зоне порога переключения появляются осцилляции. Их исключают стандартными методами — вводя гистерезис с помощью положительной обратной связи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шило В. Л. Функциональные аналоговые интегральные микросхемы. М.: Радио и связь, 1982.

2. Мячев А. А., Никольский О. А. Стандартные интерфейсы микропроцессорных систем. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 27—33.

3. Устройство параллельного обмена И1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, 1977.

4. Алексенко А. Г., Коломбет Е. А., Стародуб Г. И. Применение прецизионных аналоговых ИС. М.: Радио и связь, 1981.

Статья поступила 4 мая 1984 г.

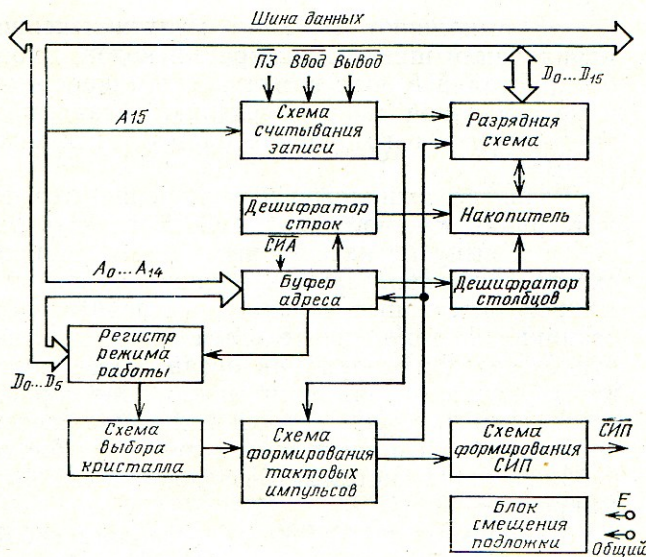


Рис. 1. Структурная схема однокристального блока ОЗУ

Общая шина содержит совмещенные линии адрес — данные (адрес  $A_0$ — $A_{14}$ , данные  $D_0$ — $D_{15}$ ), а также линии управляющих сигналов. Сигнал  $\overline{ВВОД}$  свидетельствует о готовности ведущего устройства принять информацию. Сигнал  $\overline{СИП}$  осуществляет синхронизацию памяти, и означает, что данные с шины приняты, сигнал  $\overline{СИА}$  свидетельствует о наличии на входах достоверного адреса, сигнал  $\overline{ВЫВОД}$  — о том, что на шине достоверная информация. Отдельный сигнал  $\overline{ПЗ}$  определяет переход в режим записи байта.

В режиме записи слова код адреса поступает в буфер адреса. Одновременно на вход  $\overline{ПЗ}$  приходит сигнал «Лог. 1» (низкий уровень), который задерживает выдачу адреса на дешифраторы до прихода сигнала  $\overline{ВЫВОД}$ . По сигналу  $\overline{ВЫВОД}$  и отсутствию запрета записи начинают работать дешифраторы, информация проходит через разрядную схему и поступает в выбранную ячейку.

В режиме записи байта на вход микросхемы  $\overline{ПЗ}$  поступает дополнительный сигнал  $\overline{ЗАПИСЬ\ БАЙТА}$ . По сигналу  $\overline{ВЫВОД}$ , отсутствию запрета записи и в зависимости от признака старшего или младшего байта (15 разряд адреса) — происходит запись байта в накопитель информации. Сигнал «Лог. 1» соответствует записи старшего байта. По окончании процесса записи в ячейку памяти формируется сигнал  $\overline{СИП}$ , прерывающий сигнал  $\overline{ВЫВОД}$ . После окончания сигнала  $\overline{СИА}$  вы-

вод схемы  $\overline{СИП}$  переходит в состояние высокого сопротивления.

В режиме считывания код адреса поступает в адресный регистр и держится на шине данных 20 нс после прихода сигнала  $\overline{СИА}$ . При наличии соответствующего кода выбора кристалла код адреса поступает в дешифраторы, которые выбирают нужную ячейку памяти. После поступления информации из ячейки в разрядную схему начинается предзаряд шин дешифратора и матрицы.

После поступления сигнала  $\overline{ВВОД}$  информация выдается на шину данных, одновременно формируется сигнал  $\overline{СИП}$ . По окончании сигнала  $\overline{ВВОД}$  выход  $\overline{РС}$  переходит в состояние высокого сопротивления, сигнал  $\overline{СИП}$  сбрасывается в состояние «Лог. 0». После окончания сигнала  $\overline{СИА}$  вывод схемы  $\overline{СИП}$  переходит в состояние высокого сопротивления.

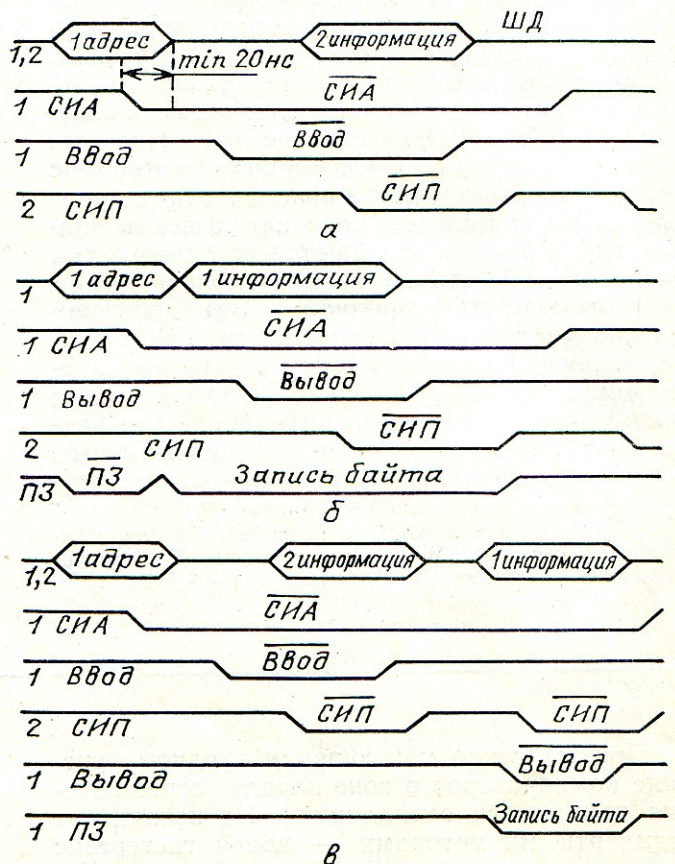


Рис. 2. Временные диаграммы входных (1) и выходных (2) сигналов ОЗУ в режимах считывания (а); записи (б); считывания и записи по одному адресу (в)

Режим чтения и записи слова по одному адресу аналогичен чтению и последующей записи в ЗУ; отличия заключаются лишь в том, что адрес и сигнал  $\overline{ПЗ}$  выставляются только перед считыванием, а сигнал  $\overline{СИА}$  не прерывается между считыванием и записью. При работе микросхемы в режиме считывания слова и записи байта на вход  $\overline{ПЗ}$  поступает сигнал ЗАПИСЬ БАЙТА. Быстродействие микросхемы определяется временем считывания или записи информации (300 нс) и длительностью цикла записи или считывания (не более 400 нс). Эти данные относятся к емкости нагрузки 100 пФ и рабочему диапазону температур от  $-60$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Микросхема требует одного источника питания  $+5\text{ В}$  с допустимым отклонением напряжения  $\pm 10\%$ . Потребляемая от источника мощность составляет не более 400 мВт. Встроенный в кристалл блок смещения выдает напряжение смещения подложки около  $-1,7\text{ В}$ .

Указанные характеристики однокристалльного блока памяти получены благодаря применению усовершенствованной  $n$ -канальной технологии с минимальным топологическим размером 2,5 мкм. Эффективная длина канала транзистора составляет 1,8 мкм, толщина затворного диэлектрика — 55 нм. Выбором соответствующей подложки и дозы легирования удалось минимизировать эффекты короткого канала. Это обстоятельство и использование нагрузочных транзисторов со встроенным каналом позволило получить большой запас устойчивости в широком диапазоне температур при 10%-ном допустимом отклонении напряжений питания.

Запоминающий элемент площадью менее 900 мкм<sup>2</sup> представляет собой статический триггер с четырьмя транзисторами и двумя резисторами из поликристаллического кремния. Площадь кристалла, содержащего 102 тысячи элементов — транзисторов и резисторов, — около 25 мм<sup>2</sup>. Построение микросхемы в виде однокристалльного блока и 16-разрядная организация потребовали 3—4 мм<sup>2</sup> дополнительной площади кристалла. Совмещение шины адреса и данных дало возможность поместить микросхему в 24-выводной корпус со штыревыми выводами. Микросхема К1809РУ1 может применяться с наибольшим экономическим эффектом в микроЭВМ малых конфигураций, представляющих собой управляемую однокристалльным микропроцессором внутреннюю магистраль, к которой присоединены микросхемы ОЗУ или ПЗУ (РПЗУ), выполненные в виде однокристалльных блоков, а также несколько однокристалльных блоков связи с внешними устройствами. Такие микроЭВМ могут состоять только из БИС, без

дополнительных ИС или СИС (за исключением микросхем усилителей для организации внешнего интерфейса ЭВМ).

По типу корпуса и схеме разводки выводов микросхема К1809РУ1 аналогична микросхеме ПЗУ с масочным программированием К1809РЕ1 и электрически программируемому РПЗУ с УФ-стиранием К573РФЗ. Согласование разводки выводов этих трех микросхем позволяет унифицировать печатную плату для различных модификаций микроЭВМ, отличающихся набором типов ЗУ и объемом хранящейся в них информации.

Статья поступила 27 марта 1984 г.

## ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ»

С 16 по 19 мая 1984 года в Челябинске проведена Всесоюзная научно-техническая конференция «Микропроцессорные системы».

Работа конференции проходила по трем секциям: «Архитектура, математическое и программное обеспечение микропроцессорных систем», «Оценка эффективности микропроцессорных систем и методы обеспечения их надежности», «Применение микропроцессорных систем».

Доклады, прочитанные на первой секции, охватывают практически все основные проблемы общетеоретического и прикладного характера: структурное программирование, моделирование вычислительного процесса, методы и средства распараллеливания решающих процедур и т. д.

Особо следует отметить направления, связанные с концепцией базового кристалла, однородными специализированными микропроцессорными системами, системами автоматизации программирования микропроцессоров.

Этим вопросам было посвящено несколько пленарных докладов, в частности Г. А. Никитина и А. С. Боккова «Параллельно-ассоциативные микропроцессорные системы», С. Т. Хвоща «Мультиплексные каналы — основа для построения специализированных микропроцессорных систем». Среди стендовых докладов можно отметить доклад Н. Г. Суковатова «О новых программных системах для обработки изображений», Р. В. Шмитаса «О средствах построения ассемблеров с обозначениями, задаваемыми пользователями» и другие. Большой интерес участников конференции вызвали стендовые доклады С. Т. Хвоща «Современное состояние разработок микропроцессорных систем» и С. С. Булгакова «О новых БИС в серии К1804».

Доклады, прочитанные на второй секции, были посвящены оценке эффективности микропроцессорных систем, вопросам диагностики и отладки устройств с микропроцессорным управлением.

Наибольший интерес вызвали доклады, прочитанные на третьей секции по применению микропроцессорных средств и систем в различных областях народного хозяйства страны: от традиционно использующих средства вычислительной техники в системах управления, проектирования, диагностики до сельского хозяйства, энергетики, телеобработки, в учебных процессах и других областях науки и техники. В частности, доклады Г. И. Каплуна «О системе управления электроприводом робота на базе микроЭВМ», С. В. Воронинцева «Разработка контроллеров различных устройств» и другие.

В целом работа конференции способствовала установлению деловых контактов между представителями различных специальностей.

Ю. С. Смирнов, Ю. Н. Чернышов

И. Т. Гусев, В. М. Немчинов, А. Г. Филиппов, И. И. Шагурин

## ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИМЕНЕНИЮ И РАЗРАБОТКЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ И МИКРОЭВМ

Заместитель Председателя Совета Министров СССР, Председатель Государственного комитета СССР по науке и технике академик Г. И. Марчук на Всесоюзном совещании по применению микропроцессоров и микроЭВМ в народном хозяйстве подчеркнул, что микропроцессорные средства в настоящее время становятся составной частью любой технологии, любого оборудования и никто, кроме специалиста в данной области техники, не сможет лучше определить, куда и как поставить микропроцессор или микроЭВМ. Например, если проектируется автоматизированный прокатный стан, то от начала до конца это должны делать и специалисты по прокатным станам. Ранее при использовании традиционной вычислительной техники автоматизацией оборудования и комплексов занимались в основном специалисты по вычислительной технике.

Для эффективного внедрения микроЭВМ необходимо знать не только программирование, но и принципы построения микропроцессоров и микроЭВМ, их аппаратную структуру и логику работы, характеристики и особенности применения тех или иных комплектов микропроцессоров и семейств микроЭВМ и наиболее рациональные области их использования.

Эти и другие требования сформулированы в приказе Министерства высшего и среднего специального образования СССР о включении в учебные планы всех специальностей вопросы изучения микропроцессорной техники [1]. Перед большинством вузов, факультетами повышения квалификации, факультетами переподготовки специалистов поставлена весьма

трудная и требующая срочного решения задача подготовки таких специалистов.

Определенный опыт подготовки специалистов различного профиля, владеющих микропроцессорной техникой, накоплен в Московском инженерно-физическом институте (МИФИ) [2].

Особая роль отводится повышению квалификации преподавателей вузов в этой области. В МИФИ с 1982 г. действует «Практическая школа микроЭВМ». Ее главная задача — подготовка для различных кафедр институтов небольших групп преподавателей и сотрудников, владеющих основами применения микропроцессоров и микроЭВМ. Именно ее выпускники на каждой кафедре учат студентов применять микропроцессорную технику и проводят научные исследования. Программа обучения (1 месяц) рассчитана на 88 ч аудиторных занятий, из них 48 ч лекций, 16 ч семинарских занятий и 24 ч лабораторных занятий.

### Обучение применению микропроцессорных средств

На наш взгляд, обучение применению микропроцессоров и микроЭВМ должно состоять из трех частей: изучение самой техники, включая средства сопряжения микроЭВМ с объектом; приобретение навыков программирования микроЭВМ; ознакомление с принципами и практическое овладение методами применения микропроцессоров и микроЭВМ для автоматизации машин, оборудования и технологических процессов.

В зависимости от специальности Министерство высшего и среднего специального образования СССР рекомендует трехуровневое обучение [1]. *Начальный* (общий) уровень — обучение использованию, как правило, серийных микроЭВМ для автоматизации процессов, установок и приборов. *Повышенный* уровень — подготовка специалистов, которые смогут самостоятельно не только использовать серийные микроЭВМ, но и разрабатывать новые специализированные вычислительные и управляющие устройства на базе микропроцессорных комплектов и разрабатывать новые микропроцессорные БИС. Принципы и методика подготовки специалистов, непосредственно связанных с разработкой, созданием, системным программным обеспечением и эксплуатацией электронных вычислительных ма-

---

**ОТ РЕДАКЦИИ.** Вопросы подготовки кадров в области микропроцессорной техники, поднятые в передовой статье начальника Главного управления вычислительной техники и систем управления ГКНТ СССР, доктора техн. наук, профессора В. А. Мясникова, относятся к числу тех важнейших проблем, от решения которых в значительной степени зависит эффективность внедрения этой техники в народное хозяйство страны.

По просьбе редакции коллектив сотрудников и преподавателей МИФИ иллюстрирует некоторые общие положения статьи В. А. Мясникова на примере конкретных методов и средств освоения микропроцессорной техники, успешно развиваемых в этом вузе.

---

шин всех классов и создаваемых на их базе комплексов и систем (высший уровень подготовки) применяются в немногих вузах и в данной статье не рассматриваются.

Как показывает опыт МИФИ, изучать технику микропроцессоров и микроЭВМ и средств сопряжения (первая часть процесса обучения) на начальном уровне подготовки можно в рамках существующих курсов «Основы электроники», «Промышленная электроника», «Основы ЭВМ» или аналогичных курсов, выделив для этого дополнительно 20—40 ч.

Чтобы достичь повышенного уровня подготовки, изучать технику лучше всего в рамках отдельного курса (60—100 ч с лабораторным практикумом).

Программирование микропроцессоров и микроЭВМ — вторая часть обучения применению этой техники — имеет свои особенности. Если при общении с ЕС ЭВМ обычно используются только языки высокого уровня, то программирование микроЭВМ может вестись на трех уровнях в зависимости от сложности решаемых задач: на языке машинных кодов; на машинно-ориентированном языке ассемблер; на языках высокого уровня Бейсик, Паскаль, ПЛ/М и др. В настоящее время в большинстве случаев микропроцессорные системы программируются на языке ассемблер.

Программированию при обоих уровнях знания микропроцессорной техники целесообразно обучать в рамках отдельного курса с преобладанием семинарских и лабораторных занятий. Как показывает опыт, для обучения программированию микроЭВМ с использованием языка ассемблер достаточно 16—32 ч семинарских занятий и 16—20 ч лабораторных.

Овладевать принципами и методами применения микропроцессоров и микроЭВМ — третья часть обучения — наиболее эффективно в рамках профилирующих по данной специальности курсов с обязательным включением новых лабораторных занятий, либо, в отдельных случаях в рамках самостоятельного курса объемом 30—50 ч. Особое внимание уделяется привитию практических навыков работы с микропроцессорами, микроЭВМ и соответствующим терминальным оборудованием. Для этого необходимы специальные учебные лаборатории. Рассмотрим их задачи на примере созданной на кафедре «Дистанционных измерительных систем экспериментальной физики» в 1981 г. лаборатории «Микропроцессоры и микроЭВМ в измерительных системах» на базе микроЭВМ «Электроника 60» (см. фото на четвертой странице вкладки).

Лаборатория экспонировалась в 1983 г. на ВДНХ СССР на выставке «Интенсификация учебного процесса в высшей и специальной

школе». Она ориентирована на использование серийного промышленного оборудования (в большей части занятий без специальных лабораторных макетов и установок). Основной упор сделан на разработку методических вопросов обучения микропроцессорной технике, подготовку учебных и методических пособий [3—6], учебных программ, индивидуальных заданий.

Учебный процесс в лаборатории состоит из трех этапов. Их основные задачи — обучение практическим навыкам работы с микроЭВМ «Электроника 60» в качестве оператора; технике программирования на микроЭВМ «Электроника 60»; практическому использованию микроЭВМ в измерительных системах.

Первые два этапа (общие для всех специальностей) включают в себя лабораторные работы «МикроЭВМ «Электроника 60» (общее ознакомление); «Работа с системными программами»; «Программирование микроЭВМ»; «Подготовка программ»; «Работа с дисковой операционной системой».

Выполнив задания *первого* этапа, студенты должны знать функциональные возможности, технические характеристики и структурную схему микроЭВМ «Электроника 60»; функции системных программ в составе резидентного программного обеспечения; уметь редактировать текстовую информацию, загружать, транслировать, компоновать, выполнять и отлаживать программы; практически работать с микроЭВМ «Электроника 60» в качестве оператора.

Основная задача лабораторного практикума на *втором* этапе — изучение процессов, происходящих в микроЭВМ при выполнении команд обращения к ОЗУ и внешним устройствам; овладение техникой написания программ на языке ассемблер, их подготовки и выполнения, освоение работы с дисковой операционной системой. Каждый обучаемый на первых двух этапах работает непосредственно за пультом микроЭВМ «Электроника 60» 12—15 ч.

На последнем *третьем* этапе работы студент в учебной лаборатории непосредственно связан со специализацией кафедры. В нашем примере — это автоматизация научных исследований и физического эксперимента, создание информационно-измерительных систем, автоматизация контрольно-измерительной техники. В него входят следующие лабораторные работы: «Ввод, накопление и обработка измерительной информации в микроЭВМ»; «Программируемый интерфейс микроЭВМ и его применение в АСНИ»; «Многоканальная система сбора и обработки измерительной информации на базе микроЭВМ»; «Организация ввода и обработки информации с цифро-

вых измерительных приборов в микроЭВМ «Электроника 60»; «Автоматизированная система исследования точностных характеристик датчиков»; «Коррекция характеристик датчиков с помощью микроЭВМ»; «Вывод, графическое и текстовое документирование информации в АСНИ на базе микроЭВМ». Лаборатория постоянно пополняется новыми лабораторными работами по профилю кафедры.

В лаборатории «Микропроцессоры и микроэлектронные системы» на кафедре «Микроэлектроника» студенты наряду с изучением микроЭВМ «Электроника 60» и ее программирования обучаются разработке микропроцессорных систем на базе основных типов микропроцессорных (МП) комплектов БИС и выполняют следующие лабораторные работы: «Изучение структуры микропроцессора КР580»; «Микропроцессорные системы на базе МП КР580»; «Программирование МП КР580 для конкретных задач»; «Микропроцессорный комплект К1804»; «Микропроцессорные системы на базе К1804»; «Микропрограммирование микропроцессорной системы на базе К1804».

Учебные лаборатории — база и для других видов учебных занятий: курсовых работ и проектов, учебно-исследовательских работ, дипломных проектов.

Таким образом, набор и конкретное содержание лабораторных работ на третьем этапе обучения зависит от специальности, по которой готовят инженеров. Непосредственная работа за пультом микроЭВМ на третьем этапе обучения должна составлять не менее 20—30 ч.

В МИФИ ежегодно повышают квалификацию 250 дипломированных специалистов в области микропроцессорной техники.

### **Межвузовская программа «Микропроцессоры и микроЭВМ»**

Основа учебного процесса по микропроцессорной технике в институте — активная научно-исследовательская работа в этой области.

МИФИ участвует в межвузовской целевой комплексной программе «Микропроцессоры и микроЭВМ» [7].

Работы по этой программе ведут 10 кафедр института. Среди разработок последних лет — целый ряд микропроцессорных систем для управления технологическим оборудованием, измерительными приборами и для обработки результатов физических экспериментов; программно-аппаратные комплексы проектирования различных микропроцессорных устройств на базе БИС микропроцессоров и

однокристалльных микроЭВМ. Большинство разработок выполнено по заказам ведущих предприятий промышленности и уже применяется практически. На выставке «Применение микропроцессоров в народном хозяйстве» на ВДНХ СССР были представлены 4 экспоната кафедр МИФИ. Они отмечены наградами (1 золотая, 2 серебряные и 15 бронзовых медалей). Большинство результатов научных работ используется и в учебном процессе. Материалы проведенных исследований и разработок отражены во многих лекционных курсах: «Микропроцессоры и микроЭВМ», «Применение микропроцессоров и микроЭВМ в измерительных системах» и др.

Кафедры МИФИ ведут научную работу по программе «Микропроцессоры и микроЭВМ» для практического освоения студентами микропроцессорной техники. Учебные лаборатории кафедры часто оснащают приборами и устройствами, разработанными в ходе выполнения НИР. Студенты МИФИ активно участвуют в выполнении научных работ в области микропроцессорной техники в рамках учебно-исследовательской работы (УИР), на производственной практике и в ходе дипломного проектирования.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Об основных направлениях совершенствования подготовки специалистов в области использования вычислительной техники. — В кн.: Бюллетень Министерства высшего и среднего специального образования СССР. — М.: Высшая школа, 1984, № 3, с. 24—29.
2. Гусев И. Т., Филиппов А. Г. Всем выпускникам — навыки использования микроЭВМ. — Вестн. высшей школы, 1983, № 3, с. 13—16.
3. Аужбикович А. М. Лабораторный практикум по курсу «Микропроцессоры и микроЭВМ в измерительной технике» /Под ред. В. М. Немчинова. — М.: МИФИ, 1982.
4. Аужбикович А. М., Сироткин А. П. Задачи по программированию на микроЭВМ «Электроника 60». — М.: МИФИ, 1982.
5. Немчинов В. М. Применение микропроцессоров в измерительной аппаратуре для физического эксперимента. — М.: МИФИ, 1982.
6. Никитин А. М., Богдановская М. В. Обработка результатов эксперимента на микроЭВМ «Электроника 60». — М.: МИФИ, 1982.
7. Дьячко А. Г., Когдов Н. М., Куратович Э. К., Шагурин И. И. и др. Опыт использования вузами учебно-лабораторного оборудования на базе микропроцессорной техники. — Обзорная информация НИИ ВШ. Сер. Обзоры по инф. обеспечению целевых компл. научн.-техн. программ. — М.: НИИ ВШ, 1984, вып. 1.

*Статья поступила 18 апреля 1984 г.*

УДК 681.327.8

О. А. Никольский

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ

по материалам совещания специалистов стран — членов СЭВ

В настоящее время стало бесспорным построение различной аппаратуры с использованием магистрально-модульного принципа, широкое внедрение которого невозможно без глубокой унификации аппаратных и программных средств. Поэтому во многих международных и национальных научно-технических организациях этому вопросу уделяется большое внимание [1]. Одной из таких организаций в СЭВ является Секция 2 при Постоянной комиссии по сотрудничеству в области использования атомной энергии в мирных целях. С учетом важности данной проблемы в рамках Секции 2 было проведено совещание специалистов по перспективным модульным системам (МС) и локальным сетям.

В области ядерной физики и связанного с ней ядерного приборостроения в 60-х годах зародилась наиболее известная международная МС КАМАК, которая впоследствии стала применяться во многих других областях науки и техники. Однако в настоящее время эта МС несмотря на различные дополнительные стандарты, расширяющие ее возможности — МЭК 729, КОМПЕКС, по ряду параметров (прежде всего производительности, стоимости, гибкости) не устраивает многих специалистов, в осо-

бенности разработчиков промышленных АСУ ТП с редко перестраиваемой структурой систем. Поэтому назрела потребность в разработке новой МС, по международному статусу схожей с КАМАК, учитывающей уровень развития микропроцессорной техники (МПТ) и создание различными фирмами собственных модульных систем и микроЭВМ. Основу большинства таких МС составляют международные стандарты МЭК 297—1,2,3 и МЭК 603-2. Таким образом, актуальной стала *не разработка* новой МС, а *выбор* МС из большого набора промышленных реализаций и проектов фирменных, национальных и международных стандартов [1]. На международном симпозиуме КАМАК-83 [2] было отмечено, что МС, которая по статусу может заменить КАМАК, должна обладать принципиально новыми характеристиками по сравнению с большим числом существующих.

Этому вопросу уделялось особое внимание на совещании, проходившем в г. Баутцен, ГДР 5—6 апреля 1984 года. В совещании приняли участие специалисты НРБ, ВНР, ГДР, Кубы, ПНР, СССР, ЧССР, а также представители международных организаций ОИЯИ (г. Дубна), Интератоминструмент и секретариата СЭВ.

Участники совещания были предварительно ознакомлены с документом под названием «Анализ тенденций и направлений развития модульных систем», подготовленным делегацией ПНР, на который они дали свои замечания. Совещание заслушало доклад специалистов ПНР о замечаниях стран — членов СЭВ, поступивших до совещания, а также сообщения делегаций ГДР по AMS-Bus (МЭК ТК47 Bus 1), НРБ по VME-Bus (МЭК ТК47 Bus 2) и ПНР по Малтибас II/P896.2. Сообщения содержали результаты работ по применению и оценке данных стандартов.

Последовавшая за этим дискуссия и обмен мнениями показали, что несмотря на обилие существующих МС в мировой практике, в области ядерного приборостроения в странах — членах СЭВ используются, помимо МС КАМАК, МС типа Малтибас по проекту AMS-Bus, МС на основе межмодульного магистрального интерфейса для микроЭВМ (МПИ) [3] и VME-Bus по МЭК ТК47 Bus 2. Характерно, что реализация или планирование реализации МС на основе указанных стандартов проводится везде на основе Евромеханики по МЭК 297-3 и МЭК 603-2, первому из которых соответствуют стандарты СТ СЭВ 3266-81 и ГОСТ 26 204-83. Поэтому первым согласованным решением совещания было признание Евромеханики за конструктивную основу текущей и перспективной МС и сотрудничество на текущем этапе по применению вышеуказанных МС.

При обсуждении перспективной МС совещание пришло

к выводу, что ни одна из применяемых сегодня МС не может быть взята за основу. Единодушным было мнение, что перспективная МС должна содержать 32-разрядные шины адреса и данных для упрощения кросс-плат, желательного совмещенных; иметь последовательную двухпроводную магистраль, децентрализованный распределенный арбитраж, несколько видов адресации, ТТЛ-уровни и предельное для них быстродействие при условии повышенной помехозащищенности и т. п. Наиболее полно таким требованиям могли бы удовлетворять проекты стандартов МС Фастбас, Futurebus P 896.1/D06.2 и Малтибас II.

Проект Фастбас в настоящее время существует в ранге документа секретариата МЭК ТК45 [4]. В существующем варианте стандарта и имеющихся реализациях он основан на больших платах размером 366,7×400 мм с основным накладным 130-контактным разъемом. Сигналы на магистрали имеют ЭСЛ-уровни. В таком варианте этот проект не может быть взят за основу для массового промышленного применения.

Проект Р 896.1 давно известен по ранним публикациям. Последняя редакция проекта D6.2 [5] имеет глубокую проработку, отвечает почти всем перспективным требованиям, но до настоящего времени нет сведений о ее апробации и фирменной поддержке.

Основное внимание на совещании было уделено рассмотрению проекта стандарта МС Малтибас II [6], в котором нашли отражение все достижения системотехники интерфейсов, проработанные в наиболее совершенных МС: Фастбас, Р 896.1, Евробас и других. В архитектуре Малтибас II реализован принцип многошинной организации, составляющий основу для создания гибких и наращиваемых

систем: PSB — основная шина межмодульного обмена; LBX — шина обмена процессора с памятью; SSB — шина последовательной двухпроводной связи: Multichannel DMA — шина, по функциям сходная с МЭК 625-1; SBX — шина, адаптирующая данную МС к ранее разработанным микропроцессорным средствам.

Шина PSB вместе с SSB занимает один верхний разъем C96 на двойной «Европлате» высотой 233,4 мм. Допускается плата высотой 100 мм. В существующем проекте принята одна глубина — 220 мм. Шина допускает 8, 16, 24 и 32 совмещенных линий адреса/данных. Имеется распределенный арбитраж, логическая, широко-вещательная и географическая адресации. Для повышения помехозащищенности и предельного быстродействия (40 Мбайт/с) обеспечен байтовый контроль по четности всех информационных посылок и, так называемый, «синхронизированный хэндшейк». Из состава линий исключена цепочная связь модулей (daisy chain), что избавляет доработку кросс-платы при отсутствующем модуле на станции в крейте. Упрощены, сделаны однотипными процедуры захвата магистрали и прерываний.

Проект Малтибас рассматривался на группах EDISG и SSG ESONE одновременно с Р 896.1. В текущем году в этих группах ожидается решение по их перспективной международной стандартизации. Учитывая, что Малтибас II и другие рассмотренные МС находятся в стадии проектов, специалисты договорились продолжить начатое сотрудничество, отложив решение на последующую встречу.

При обсуждении вопроса о локальных сетях совещание заслушало сообщения делегаций ВНР и ПНР с оценкой мировой практики в этой области. Было признано целесообразным ориентироваться на

метод доступа типа «ТОКЕН» и отмечено, что принимать в настоящее время один из существующих в мировой практике проектов стандартов для построения локальных сетей пока преждевременно. Следует отметить, что к подобному выводу пришли также участники двух Европейских семинаров по локальным сетям, проходивших в Брюсселе в 1983 году [7, 8].

Дополнительным результатом проведенного совещания явился обмен технической литературой. На часть полученных работ [4—8] сделаны ссылки в данном сообщении. На совещании было отмечено, что по обсуждавшимся вопросам следует организовать более широкое сотрудничество со специалистами других отраслей науки и техники в СЭВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мячев А. А., Никольский О. А. Стандартные интерфейсы микропроцессорных систем. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 27—33.
2. Никольский О. А. Международный симпозиум КАМАК-83. — Атомная энергия, 1983, том 55, вып. 3, с. 198—200.
3. Пролейко В. М. Микропроцессорные средства вычислительной техники и их применение. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 11—16.
4. Fastbus modular high speed data acquisition and control system for high energy physics and other applications. December, 1983. Document IEC/TC 45/WC3, p. 253.
5. Futurebus. Specifications for advanced microcomputer backplane buses. Draft 6.2 proposed standard P896.1. — IEEE, November, 1983, pp. 1—130.
6. Multibus II. Bus architecture specification. — Chapter I—VI, 1983, Intel, pp. 1—224.
7. Local Area Networks. RTS 83/1. — Proceedings of Workshop held in A. Borscette Conference Centre CEC—Brussels. May, 1983, pp. 1—50.
8. Local Area Networks. RTS 83-2. — Proceedings of Workshop held in A. Borscette Conference Centre CEC—Brussels, 23—24 November, 1983, pp. 1—43.

УДК 681.3.00:371.69

Мясников В. А. Подготовка специалистов по применению микропроцессорной техники. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 3.

Анализируются проблемы подготовки специалистов по применению микропроцессорной техники для автоматизации машин, технологических процессов и создания гибких автоматизированных производств.

УДК 681.3:657.47

Ершов А. П. Автоматизация работы служащих. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 6.

Анализируются тенденции развития систем автоматизации работы служащих. Приводится обзор зарубежных данных о текущем состоянии конторских систем автоматизации на базе микроЭВМ. Оцениваются перспективы автоматизации работы служащих на ближайшие десятилетия.

УДК 681.323—181.48.001.18

Гальперин М. П. Одноплатные микроЭВМ и микроконтроллеры. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 16.

Рассматриваются основные структурные особенности одноплатных микроЭВМ и микроконтроллеров, предназначенных для встраивания в аппаратуру различного назначения и построения децентрализованных структур. Предлагается метод стандартных функций и типовых конфигураций как средство проектирования систем на базе микропроцессоров и средство определения функционального состава нового поколения микроконтроллеров. Дается общее описание структуры нового поколения микроконтроллеров «Электроника С5-41» с системой команд СМ ЭВМ.

УДК 681.323—181.48

Гальперин М. П., Гинтер А. В., Городецкий В. В., Евзович И. С., Кузнецов В. Я., Пухова М. Л. Одноплатные микроконтроллеры «Электроника С5-41». — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 20.

Рассмотрены особенности фрагментно-модульного проектирования одноплатных микроконтроллеров «Электроника С5-41», приведены основные технические характеристики двух базовых моделей, библиотека функциональных фрагментов, из которых строятся микроконтроллеры, и функциональных модулей, расширяющих ресурсы и возможности микроконтроллеров, определены типовые конфигурации систем.

УДК 621.3

Шереметьевский Н. Н., Долкерт В. М. Магистрально-модульные микросредства управляющей вычислительной техники. — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 24.

Рассмотрены общие вопросы создания магистрально-модульных микросредств управляющей вычислительной техники для применения в АСУ электрооборудованием и технологическими процессами. Микросредства выполнены в виде одноплатных модулей микроЭВМ и одноплатных устройств расширения ресурсов микроЭВМ и УСО, объединяемых в единую микросистему, содержащую 6, 12 или 24 платы. Микросистемы могут объединяться дистанционной магистралью в локальную вычислительную сеть. В одноплатных микроЭВМ используются микропроцессорные наборы К580 и К1810.

UDC 681.3.00.371.69

Miasnikov V. A. Training Specialists on Microprocessors Application. — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 3.

The problems of training specialists on microprocessor application are being analyzed with respect to instruments and technological process automation and creating computer aided manufacturing systems.

UDC 681.3:657.47

Ershov A. P. Office Automation. — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 6.

The author analyses the state-of-the-art and the trends in the microcomputer-based office automation systems development. The perspectives in this area for the coming decades are being estimated.

UDC 681.323—181.48.001.18

Galperin M. P. Single-board microcomputers and microcontrollers. — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 16.

The main structural features are considered of single-board microcomputers and controllers intended for embedding in different devices and for constructing decentralized structures. The method of standard functions and configurations is proposed as a way for microprocessor-based systems design and for detecting functional composition of the new microcontrollers family «Electronika S5-41». A general description of the microcontrollers with the SM computer instruction set is given.

UDC 681.323—181.48

Galperin M. P., Ginter A. V., Gorodetsky V. V., Yevzovich I. S., Kouznetsov V. Ya., Pukhova M. L. The single-board microcontrollers «Electronika S5-41». — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 20.

Some features of the single-board microcontrollers «Electronika S5-41» component/module design are considered; the main technical characteristics of two basic models are specified as well as the library containing functional components (from which the microcontrollers are built) and functional modules (that extend the microcontrollers resources and capabilities); the standard system configurations are specified.

UDC 621.3

Sheremetievsky N. N., Dolkart V. M. The control microprocessors for using in local networks. — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 24.

The microprocessor devices construction for automated control of electrical equipment and technology processes is considered. The microprocessor devices are constructed as a single-board modules based on microprocessor sets K580 and K1810 and are combined in a microsystem that contains 6, 12 or 24 boards. The microsystems can be connected in a local computer network.

Прохоров Н. Л., Ландау И. Я. **МикроЭВМ СМ-1800 и ее программное обеспечение.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 28.

Кратко характеризуются назначение, аппаратное и программное обеспечение базового комплекта и дополнительных устройств микроЭВМ СМ-1800.

## УДК 681.325.5

Каляев А. В. **Принципы организации многопроцессорных систем сверхвысокой производительности.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 31.

Рассмотрены принципы построения многопроцессорных вычислительных систем с гибкой программируемой архитектурой, мощной коммутационной структурой, сосредоточенно-распределенной памятью и микропроцессорами, программирование которых осуществляется программированием не процедуры, а их внутренней структуры. Эти системы работают с машинными языками высокого уровня, существенно облегчают программирование и трансляцию, обеспечивают распараллеливание решения сложных задач и обладают высоким быстродействием.

## УДК 681.325.5:681.326.1

Борисов В. С., Горяшко А. П. **Методы функционального и тестового диагностирования микропроцессорных средств вычислительной техники.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 36.

Рассмотрены вопросы организации тестового и функционального диагностирования МСВТ на уровнях БИС, платы (блока) и системы в целом путем введения избыточности. Основное внимание уделено реализации метода контролепригодного проектирования легко тестируемых МСВТ способами сканирования состояний, самотестирования и декомпозиции. Показано, что введение структурной избыточности и использование результатов функционального диагностирования позволяет осуществлять реконфигурацию устройств.

## УДК 681.326.3:681.3.06,

Иванов В. И., Лобанов В. И., Митрофанов А. В. **Отладочные средства для малоразрядных однокристалльных микроЭВМ.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 42.

Анализируются назначение, функциональные и технические характеристики отладочных комплексов и системы и автономного отладочного устройства.

## УДК 681.3.068

Штрик А. А. **РУЗА — система автоматизации разработки программ для управляющих и микроЭВМ.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 46.

Излагаются общие функциональные и структурные принципы инструментальной кросс-системы автоматизации разработки управляющего программного обеспечения реального масштаба времени на базе технологической ЕС ЭВМ, дается анализ структурных, технических и эксплуатационных характеристик системы и обобщается опыт ее разработки.

Prokhorov N. L., Landau I. Ya. **The SM-1800 microcomputer and its software.** Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 28.

The objective, hard and software of the SM-1800 microcomputer basic set and of its peripherals are briefly described.

## UDC 681.325.5

Kaliaev A. V. **The organization principles of multiprocessor systems of very high performance.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 31.

The principles of constructing microprocessor systems with flexible programmable architecture, powerful commutation structure, concentrated/distributed memory and structurally (non-procedurally) programmed microprocessors are considered. The systems use high level machine languages that facilitates programming and translation, provide parallel task execution resulting in high speed.

## UDC 681.325.5:681.326.1

Borisov V. S., Goriashko A. P. **The methods of functional and test diagnostics of microprocessor devices.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 36.

The organization of functional and test diagnostics of microprocessor based on redundancy is considered on the levels of a chip, a board (block) and the integral system. The methods of testable microprocessor design are discussed: scanning states, self-testing and decomposition. The structural redundancy and functional diagnostics results allow to re-configure devices.

## UDC 681.326.3:681.3.06

Ivanov V. I., Lobanov V. I., Mitrofanov A. V. **Debugging tools for 7/8-bit single-board microcomputers.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 42.

The purpose and the functional and technical features of a debugging system and of an autonomous debugging device are analyzed.

## UDC 681.3.068

Shtrik A. A. **RUZA — a cross-system for automated software development for micro- and control computers.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 46.

The instrumental cross-system is intended for automated development of real-time software based on ES computer. The general functions and structure of the system as well as its technical and practical features are outlined; the experience of its development is summarized.

Громов Г. Р., Ширшиков Н. В., Литвиненко Л. А. **Микромашинный комплекс для управления биотехнологическими процессами.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 54.

Рассматривается архитектура управляемого аппаратно-программного комплекса на базе функционально связанных микроЭВМ типа «Электроника 60». Комплекс разработан для автоматизации биотехнологических экспериментов и может быть использован в системах гибкого управления широким классом технологических процессов.

УДК 681.325.5+681.326—181.48

Блинов Н. А., Угодчиков Г. А., Швецов Г. А. **Микропроцессорные системы управления ферментацией «Автоферм-1» и «Автоферм-2».** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 60.

Приведено описание аппаратных и программных средств систем автоматического управления процессом ферментации «Автоферм-1» и «Автоферм-2», выполненных на основе микроЭВМ «Электроника 60» и микропроцессорного комплекта серии КР580.

УДК 681.325.5—181.48:621.9

Смолко Г. Г. **Микропроцессоры в системах программного управления металлообрабатывающим оборудованием.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 70.

Рассмотрены некоторые вопросы развития систем числового программного управления металлообрабатывающим оборудованием, показано изменение их элементной базы, структуры и функциональных возможностей. Приведены примеры построения систем управления различными типами станков в серийном и мелкосерийном производстве на основе типовых блоков микропроцессорной универсальной вычислительной системы (МУВС). Определены основные функции систем ЧПУ на базе МУВС, указаны виды программного обеспечения и их назначение.

УДК 621.906—114+621.941.2—114.529

Соломенцев Ю. М. **Возможности систем управления в гибком автоматизированном производстве.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 73.

Лаконично характеризуются назначение, аппаратное и программное обеспечение систем управления гибкого автоматизированного производства (ГАП) и элементов ГАП: токарного станка с роботом-накопителем и технологического модуля, состоящего из станка с ЧПУ типа обрабатывающего центра с накопителями палет и магазином инструментов.

УДК 681.326:62—52

Иордан Г. Г., Певзнер В. В. **Регулирующий микропроцессорный контроллер Ремиконт Р-100.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 2, с. 75.

Показаны влияние микропроцессоров на архитектуру автоматизированных систем управления технологическими процессами, особенности распределенного управления, рассмотрена архитектура регулирующего микропроцессорного контроллера Ремиконта Р-100 и особенности его аппаратно-программной реализации.

Gromov G. R., Shirshikov N. V., Litvinenko L. A. **A Microcomputer-Based Complex for biotechnological Processes Control.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 54.

The architecture of the control complex is being presented. It is based on a network of functionally interconnected microcomputers «Electronica-60». The system has been developed for automation of biotechnological processes and can be adapted for the wide range of other technologies.

UDC 681.325.5+681.326—181.48

Blinov N. A., Ugodchikov G. A., Svetov S. A. **Microprocessor-aided fermentation control systems.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 60.

The hard- and software of an automated fermentation control systems «Autoferm-1» and «Autoferm-2» based on the microcomputer «Electronika 60» and the KR580 microprocessor set are considered.

UDC 681.325.5—181.48:621.9

Smolko G. G. **Microprocessors in the numeric control systems of metal-working equipment.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 70.

The development and change in technology, structure and functions of numeric control systems are shown. Examples are given of the control systems construction for different types of instruments from the standard blocks of a universal microprocessor-based computer system. The principal functions of the systems and the software types and purpose are considered.

UDC 621.906—114+621.941.2—114.529

Solomentsev Yu. M. **The Control System Application for Flexible Automated Manufacture.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 73.

The author discusses briefly the objectives and specifications of hardware and software components of the computer aided manufacturing systems. In particular a robot controlled lathe is being considered and a technological aggregate consisting of numerically controlled «processing centre» with the stores for pallets and tools.

UDC 681.326:62—52

Iordan G. G., Pevzner V. V. **The microprocessor controller Remicont R-100.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 2, p. 75.

The impact of microprocessors on automation control systems architecture, distributed control features are shown; the architecture of microprocessor controller Remicont R-100 and its hardware/software implementation are considered.

**Общие требования**

1. Предпочтением для публикации в журнале пользуются статьи, в которых кратко и ясно излагаются конкретные аппаратные и программные решения в области разработки и внедрения микропроцессорных средств, а также систем автоматизации на их основе.

2. При подготовке выполненной работы к публикации авторам следует стремиться к тому, чтобы язык статьи был понятен возможно более широкому кругу специалистов, заинтересованных во внедрении микропроцессорной техники.

3. Статья должна быть хорошо иллюстрирована: принципиальные, структурные или функциональные схемы (в зависимости от характера сообщения); фотографии (слайды) общего вида и отдельных узлов блоков (фото с дисплея ЭВМ); структура программной системы.

**Оформление рукописи**

1. Объем статей (включая аннотацию, рисунки, выводы, список литературы) не должен превышать:

— 25 страниц машинописного текста для обзорной статьи;

— 15 страниц для статей о конкретных аппаратно-программных комплексах, устройствах и системах (включая фотографии внешнего вида, технические характеристики, тексты избранных подпрограмм);

— 10 страниц для статей концептуального характера.

— 3 страницы для рекламного материала или информационного сообщения.

2. Рукопись представляется в двух экземплярах, напечатанных через два интервала на одной стороне листа стандартного размера с полями слева шириной 30 мм. Оба экземпляра должны быть подписаны всеми авторами.

3. Используемую литературу необходимо давать общим списком в конце статьи в последовательности, соответствующей упоминанию источников в тексте.

4. Рисунки должны быть выполнены тушью с соблюдением ГОСТов на графические работы.

5. В качестве иллюстраций следует присылать цветные слайды (предпочтительно на широкой пленке), которые могли бы быть опубликованы на цветной вкладке или обложке журнала и их черно-белые варианты (для иллюстраций в тексте).

6. К статье должно быть приложено направление учреждения, в котором выполнена

**ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ**

- Периферийные устройства мини- и микро ЭВМ (обзор)
- Устройства отображения информации микропроцессорных средств вычислительной техники
- Система управления технологическими процессами на основе микропроцессоров серии КР580
- Универсальная отладочная система автоматизации проектирования микропроцессорных устройств
- Персональные компьютеры серии ДВК: состояние и перспективы развития
- Интеллектуальный интерфейс «человек-ЭВМ» на основе персональной ЭВМ
- Биоэлектроника — перспективная элементная база 1990-х годов

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК:**

*Гибкие системы автоматизации производства — ГАП*

Специальный выпуск журнала по проблемам внедрения микропроцессорной техники в системы ГАП редакцией планируется на 1985 год. Статьи и тематические обзоры в этот выпуск авторам следует направлять в редакцию до 1 января 1985 года.

**О ПОДПИСКЕ НА ЖУРНАЛ  
«МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА  
И СИСТЕМЫ»**

Чтобы получить полный комплект журнала за текущий 1984 год, необходимо выслать почтовым переводом 4 руб. 40 коп. (стоимость годовой подписки) на расчетный счет ВЦИО № 608965 в Бауманском отделении Госбанка СССР г. Москвы. Копию квитанции об уплате направить в адрес редакции, указав адрес для доставки журнала.

На следующий 1985 год подписка на журнал будет осуществляться обычным порядком через Центральное подписное агентство «Союзпечать» без ограничений; индекс журнала — 70588.

работа, со всеми необходимыми сопроводительными документами (акты, справки и т. д.), а также сведения об авторах, содержащие их адреса и номера телефонов (служебные и домашние).

7. Перед названием статьи следует указывать индекс согласно универсальной десятичной классификации (УДК).

8. В случае возвращения авторам статьи для переработки, датой ее поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта.

# МИКРОПРОЦЕССОРЫ В ТЕМАТИЧЕСКИХ ПЛАНАХ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

Редакция журнала «МП» начинает знакомить читателей с планами ведущих издательств страны по выпуску литературы в области разработки и применения микропроцессорных средств и систем на их основе. Мы надеемся, что регулярные выступления руководителей этих издательств помогут нашим читателям лучше ориентироваться в потоке научно-технической литературы, своевременно узнавать наиболее интересные книжные новинки по микропроцессорной технике.

Этот цикл выступлений мы открываем стенограммой беседы нашего корреспондента с главным редактором издательства «Наука» В. Е. Аперьяном.



Владимир Еремеевич Аперьян

**«МП»:** Владимир Еремеевич, могли бы Вы сначала кратко пояснить читателям место и задачи издательства «Наука» в Академии наук.

**В. Аперьян:** Академик С. И. Вавилов в свое время отмечал, что одной из основных задач, стоящих перед Академией наук, является публикация результатов научных исследований. Эту задачу и выполняет издательство «Наука» — крупнейшее в мире научное издательство, выпускающее в среднем 2,5 тысячи книг в год. Среди них книги по философии и математике, физике и биологии, политэкономии и кибернетике, истории и географии, т. е. по всем разделам современной науки.

**«МП»:** Как Вы считаете, достаточно ли отражаются в потоке печатной продукции АН СССР научно-технические аспекты процесса интенсификации народного хозяйства страны на основе широкого применения микропроцессорной техники, который был определен XXVI съездом КПСС и последующими пленумами ЦК КПСС в качестве одного из важнейших направлений развития науки и техники в нашей стране?

**В. Аперьян:** Ряд книг по этой тематике был издан в конце 1983 года. В редакционном портфеле текущего года также есть работы по вопросам создания и применения микропроцессорной техники. Однако в целом число этих изданий еще невелико.

С созданием Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации в системе АН СССР мы рассчитываем на расширение числа изданий по микропроцессорной технике. Слово здесь в первую очередь за Институтом проблем информатики и другими научными учреждениями отделения.

Перед коллективом издательства и нашими авторами, — учеными и специалистами АН СССР, — стоят большие задачи по подготовке и изданию трудов по новейшей информационной технологии.

**«МП»:** Какие из книг издательства «Наука» по микропроцессорной тематике могли бы Вы рекомендовать нашим читателям сегодня?

**В. Аперьян:** Среди новых книг по микроЭВМ и микропроцессорам, работа над которыми была завершена в издательстве в конце 1983 — начале 1984 года, я хотел бы обратить внимание читателей «МП» на следующие.

В 1984 г. в издательстве вышла в свет монография группы авторов во главе с академиком АН Грузинской ССР И. В. Прангишвили «Локальные микропроцессорные вычислительные сети». Это итог многолетних исследований, выполненных в Институте про-

блем управления АН СССР. Эта книга отличается от других работ по сетевой тематике в первую очередь тем, что в ней внимание уделяется работе микропроцессорных сетей в режиме управления, когда основным фактором оказывается живучесть системы в целом и время ее реакции.

Под редакцией ведущих специалистов по робототехнике член-корреспондентов АН СССР И. М. Макарова, Д. Е. Охоцимского, Е. П. Попова выпущен сборник «Микропроцессорные системы управления в робототехнике». В сборник включены статьи по проблеме использования микропроцессоров в информационно-управляющих и исполнительных узлах роботов, в том числе промышленных роботов-манипуляторов, шагающих аппаратов и т. д. Рассмотрены вопросы архитектуры микропроцессорных систем управления, системы очувствления и адаптации, алгоритмы управления и программное обеспечение роботов. Приводятся примеры конкретных роботов, управляемых от микроЭВМ.

В будущем году выйдут два сборника: «Роботизация сборочных процессов», посвященный вопросам использования программируемых роботов в гибких автоматизированных производствах (ГАП) и «Программное обеспечение промышленных роботов», раскрывающий опыт разработки конкретных прикладных и системных программных комплексов для микроЭВМ и микропроцессоров, используемых в промышленных роботах.

Следует отметить монографию Г. Р. Громова «Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации». Это первая публикуемая на русском языке книга, в которой дается целостная картина технологической эволюции средств вычислительной техники за четыре десятилетия компьютерной эры. С единых позиций анализируются основные этапы формирования новых классов машин (мини-, микро-, персональные ЭВМ); последовательная смена критериев эффективности в программировании, вопросы аппаратной, программной и информационной совместимости ЭВМ. Приводятся результаты исследований феномена персональных вычислений, показано решающее влияние, которое окажут персональные ЭВМ на развитие средств вычислительной техники 80-х годов. На материале статистических данных, опубликованных в зарубежной печати, рассматривается процесс становления научно-технических идей и технологических концепций, которые привели к формированию на рубеже 80-х годов

понятия национальные информационные ресурсы. Книга выйдет из печати в конце текущего года.

Перечисленные работы выпускаются Главной редакцией естественно-научной и технической литературы.

Работы по микропроцессорной тематике готовят также в Главной редакции физико-математической литературы. Так, вышла книга Л. А. Залмансона «Микропроцессоры и управления потоками жидкостей и газов», в которой рассмотрено применение микропроцессоров и микроЭВМ при управлении движением жидкостей и газов. В книге рассказано о разработке новых аэродинамических цифровых исполнительных органов. Приведены примеры применений микропроцессорных устройств.

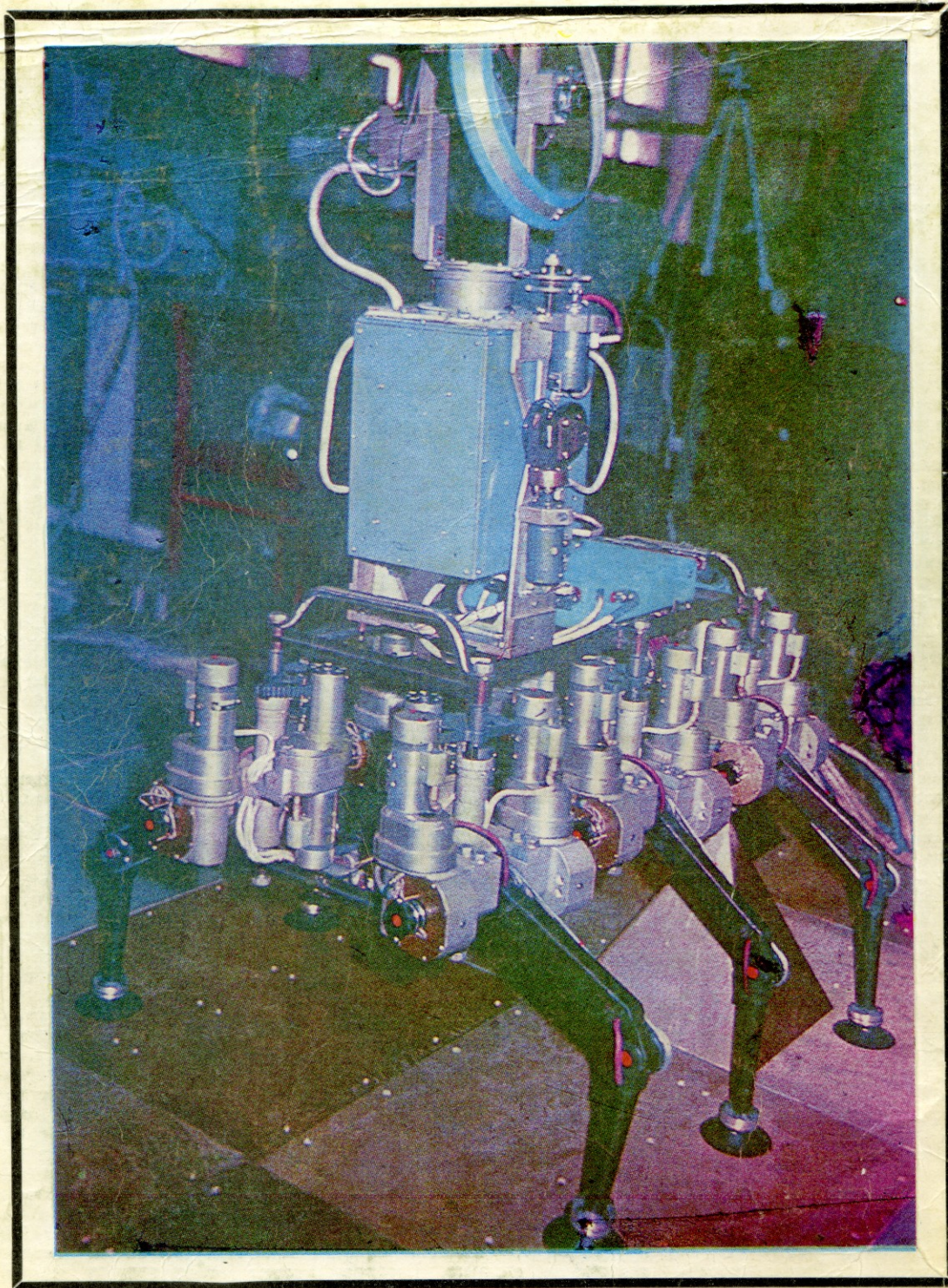
В подготавливаемой к печати работе Е. И. Пупырева «Перестраиваемые автоматы и микропроцессорные системы» описываются методы проектирования, позволяющие получать минимальные как по числу внешних выводов, так и по числу элементов схемы перестраиваемых автоматов; строятся алгоритмы программной реализации логических функций и управляющих автоматов на микроЭВМ. В книге обширный справочный материал: программы для микропроцессора K580, типовые логические схемы и методики их построения.

**«МП»:** Можно ли рассчитывать на то, что книги издательства «Наука» по микропроцессорной тематике смогут приобрести все заинтересованные в них читатели?

**В. Аперьян:** Тираж книг издательства «Наука» определяется предварительно поданными на них заказами, собираемыми книготорговой сетью на основе аннотированных планов издательства. Если читателей журнала интересует какая-либо из готовящихся к изданию книг, то для ее приобретения достаточно оставить соответствующую заказ-открытку в ближайшем магазине «Академкнига» или своевременно отправить заказ на книгу по почте, например, по адресу: 117192, Москва, Мичуринский пр., 12, магазин «Книга — почтой».

При этом следует учитывать, что сбор заказов на книги Главной редакции литературы организуется по квартальным аннотированным планам, а на книги Главной редакции физико-математической литературы — по годовому аннотированному плану издательства.

Желаю новому журналу успехов, а главное — признания у читателей!



ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА