



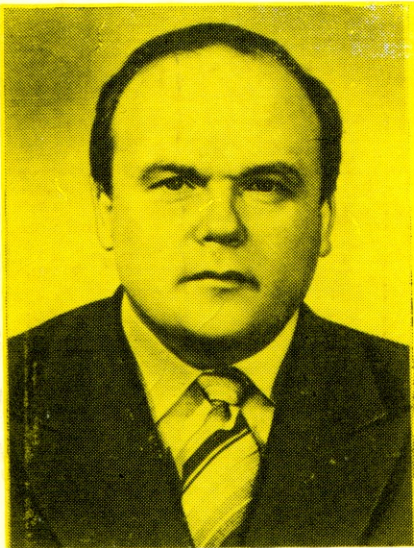
# МИКРО ПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

1 | 1984

ISSN 0233-4844

- Основное направление развития информационной технологии 80-х годов — активное применение микропроцессорной техники
- В проектировании, изготовлении и применении микропроцессорных средств для промышленной робототехники и гибких автоматизированных производств наиболее эффективен системный подход
- Встраиваемые в производственное оборудование микропроцессорные системы и персональные диалоговые системы на базе микроЭВМ — две грани одного процесса, который получил в технической литературе общее название — микропроцессорная революция
- Большую помощь конструктору, технологу, работнику сферы управления окажет персональная ЭВМ «Агат»
- «Школьница» — так называется система, позволяющая создать интегрированную программную среду учебно-производственного назначения





**Евгений Павлович ВЕЛИХОВ,**  
вице-президент АН СССР,  
академик

## К ЧИТАТЕЛЯМ

Микропроцессорная революция — это словосочетание не покидает последние десять лет страницы научно-технической и массовой периодики. От широкого внедрения микропроцессорной техники в народное хозяйство ждут многого: создания новых машин и устройств, повышения производительности труда на производстве и в учреждениях, улучшения качества обучения и профориентации и т. д.

Вместе с тем специалистам достаточно хорошо известны и те проблемы, которые стоят на пути массового внедрения микропроцессорной техники в народное хозяйство страны. Одна из основных — барьер взаимного непонимания, который отделяет разработчиков микропроцессорных систем от специалистов тех областей приложения, где необходимы или могут быть полезны микропроцессоры. Поэтому инициатива ГКНТ СССР по организации первого в стране специализированного научно-технического журнала, посвященного проблемам разработки и внедрения микропроцессорной техники, является весьма своевременной.

Мы надеемся, что на страницах нового журнала читатели смогут ознакомиться не только с перспективными направлениями исследований и разработками в области микропроцессорной техники, но и, что наиболее важно в настоящее время, с особенностями применения и эффективными режимами использования тех массовых типов микропроцессоров, которые уже выпускаются промышленностью.

В 1983 году в АН СССР было создано Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации. Ученые и специалисты Отделения составляют значительную часть редакционного совета и редколлегии нового журнала и много поработали над его организацией. Есть все основания предполагать, что сотрудники ведущих институтов АН СССР и республиканских академий окажутся среди наиболее интересных авторов и активных читателей журнала.

*Велихов*

ГО  
К  
ПО  
И

ВЫХОД

СОД

МИКРО  
ТЕХНИ

ПЕРСО  
КОМП

ПРОГР  
ОБЕС

ПРИМ  
МИКРО  
СРЕДС

УЧЕБН

В СТ  
ЧЛЕНА

НА ВД

© ГИ

ОРГАН  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
КОМИТЕТА СССР  
ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Издается с 1984 года

# ММП МИКРО ПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ 1 | 1984 МОСКВА

## СОДЕРЖАНИЕ

Ершов А. П. — Уважаемый читатель! . . . . .	2
Романов А. К. — Микропроцессорная техника — основа автоматизации народного хозяйства . . . . .	3
Наумов Б. Н., Гиглавый А. В. — Микропроцессорная технология — основа перспективных ЭВМ массового применения . . . . .	7

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Прслейко В. М. — Микропроцессорные средства вычислительной техники и их применение . . . . .	11
Шахнов В. А. — Развитие и применение микропроцессоров и микропроцессорных комплектов БИС . . . . .	17
Платонов А. К. — Проблемы разработки микропроцессорных средств для систем управления роботов . . . . .	22
Мячев А. А., Никольский О. А. — Стандартные интерфейсы микропроцессорных систем . . . . .	27

## ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Лавров С. С. — Кому и для чего нужна персональная вычислительная машина? . . . . .	34
Громов Г. Р. — Персональные вычисления — новый этап информационной технологии . . . . .	37
Звенигородский Г. А., Глаголева Н. Г., Земцов П. А., Налимов Е. В., Цикоза В. А. — Программная система «Школьница» и ее реализация на персональных ЭВМ . . . . .	50
Исффе А. Ф. — Массовые персональные ЭВМ серии «Агат» . . . . .	56

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Липаев В. В., Каганов Ф. А. — Адаптируемые кросс-системы проектирования программ на базе больших универсальных ЭВМ и микроЭВМ . . . . .	61
---	----

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ

Макаров И. М., Рахманкулов В. З. — Микропроцессорные средства в робототехнике и гибких автоматизированных производствах . . . . .	66
Курьянов Б. Ф., Тилинин Д. А., Утяков Л. Л. — Автономный измерительно-вычислительный комплекс для исследования акустических шумов океана . . . . .	72

## УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Торгов Ю. И. — Программируемый таймер KP580BI53 и его применение . . . . .	77
--	----

## В СТРАНАХ — ЧЛЕНАХ СЭВ

Игнатьев М. Б., Чернышев Ю. А. — Применение микропроцессоров и микроЭВМ (по материалам третьего симпозиума стран — членов СЭВ) . . . . .	85
--	----

## НА ВДНХ СССР

Матвеев С. С. — В павильоне «Вычислительная техника» . . . . .	88
--	----

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



**Андрей Петрович ЕРШОВ,**  
заведующий отделом ВЦ  
Сибирского отделения  
Академии наук СССР,  
член-корреспондент АН СССР

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. Пеленов  
(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

В Ваших руках первый выпуск нового журнала Государственного комитета СССР по науке и технике «Микропроцессорные средства и системы». Организация этого журнала является выражением той огромной роли, которую призвана сыграть микропроцессорная техника в научно-техническом прогрессе ближайших десятилетий.

Появление микропроцессорных средств радикально изменило характер использования и внедрения вычислительной техники. Главное здесь — массовость и необычайная широта применения.

В недалёком будущем практически каждое рабочее место будет так или иначе затронуто переменами, связанными с возможностями микроэлектронной обработки информации.

Редакционный совет, редакционная коллегия и сотрудники редакции хотят сделать журнал полезным каждому, кто связан с разработкой и применением микропроцессорных средств и систем. Задача состоит в том, чтобы реальные научно-технические достижения и удачные новшества сделать достоянием как можно большего числа разработчиков и потребителей. Мы хотим, чтобы журнал давал не только общую ориентацию в направлениях развития микроэлектронной вычислительной техники и ее компонент, но и был бы полезен в повседневной практической работе.

Одна из особенностей текущего момента — высокий темп разработки и быстрые перемены в характеристиках оборудования и его программного обеспечения. Перед инженером и исследователем стоит очень непростая задача — совместить в ходе разработки проекта стабильность характеристик, с адаптируемостью к новым условиям и возможностью использования новых технических решений. Микропроцессорные средства дают основу для такой гибкости и способности к постоянной модернизации. Мы надеемся, что эта особенность новой техники и технологии найдет отражение на страницах журнала.

Журнал предполагает вести следующие разделы: микропроцессорная техника; программное обеспечение; технология, производство, надежность; применение микропроцессорных средств; в странах—членах СЭВ; новости микропроцессорной техники; учебный центр и другие.

Стремясь показать развитие и способы применения микропроцессорных средств и систем во всем многообразии, журнал будет отражать системные аспекты создания вычислительных средств и использования микропроцессоров в разрабатываемых устройствах и системах, раскрывая тем самым интегрирующую роль вычислительных и программных средств в обеспечении целостного и гибкого функционирования автоматического устройства. Другой общий аспект, которому журнал будет уделять особое внимание, это обеспечение диалога автоматического устройства с пользователем, решение эргономических проблем и учет человеческого фактора в разработке автоматизированных рабочих мест.

Залогом эффективности и полезности массового журнала является его неразрывная связь с читателем и учет его пожеланий. В период становления журнала редсовет, редколлегия и редакция особенно заинтересованы в обратной связи. Мы будем признательны каждому, кто пожелает высказать свою оценку публикуемых материалов и рекомендации в отношении журнала «Микропроцессорные средства и системы».

«На основе использования достижений науки и техники:

**развивать производство и обеспечить широкое применение... встроенных систем автоматического управления с использованием микропроцессоров и микроЭВМ,...**»

(Из «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года»)

УДК 681.3:65.011.5

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА



*Арнольд Константинович  
РОМАНОВ,  
заместитель председателя  
Государственного комитета  
СССР по науке и технике*

XXVI съезд КПСС, последующие Пленумы ЦК КПСС определили долгосрочную стратегию развития экономики нашей страны. Это — интенсификация всего народного хозяйства, кардинальное повышение производительности труда, всемерная экономия трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов. Одним из важнейших направлений интенсификации является автоматизация производства на основе широкого применения микропроцессорной техники.

Отличительной особенностью современного этапа развития автоматизации производства является появление и массовое применение качественно новых технических средств. Среди них одно из центральных мест занимает микропроцессорная техника и мини-ЭВМ.

Малые габариты, экономное потребление энергоресурсов, низкая стоимость и высокая надежность позволяют использовать эту технику для массовой автоматизации.

Государственный комитет СССР по науке и технике совместно с министерствами и ведомствами провел в минувшем году Всесоюзное совещание по применению микропроцессорных средств в народном хозяйстве. На совещании отмечалось, что в нашей стране широко развернуты работы по использованию микропроцессорных средств. Налажен промышленный выпуск микропроцессоров, вычислительных и управляющих систем на их основе, быстро расширяются объем и разнообразие их программного обеспечения. В этой работе участвуют более 40 министерств и ведомств. Был рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с организацией применения микропроцессорных средств автоматизации в машиностроении, приборостроении и средствах связи, газовой и угольной промышленности, сельскохозяйственном производстве и в других отраслях народного хозяйства. Среди этих вопросов — разработка и производство микропроцессорной техники, создание на ее базе систем управления, подготовка кадров.

### Применение микропроцессорных средств

Возможности микропроцессорных средств определили две крупные области их применения.

Первая — встраивание микропроцессоров в станки, двигатели, роботы, бытовые изделия. Решая сложные задачи программного регулирования, микропроцессоры существенно улучшают технико-экономические характеристики тех изделий, в которых они установлены. По оценкам специалистов, микропроцессоры в ближайшие 8—10 лет найдут применение более чем в ста тысячах различных видов устройств, приборов и установок промышленного и бытового назначения. Проведенный в Министерстве электронной промыш-

ленности СССР анализ областей применения только одного микропроцессорного комплекта серии КР580 (8-разрядный микропроцессор с производительностью до 250 тыс. операций/с) показал, что уже сейчас микропроцессоры этой серии применяются более чем в 80 типах конкретных устройств, приборов и систем. А в настоящее время отечественной промышленностью выпускается 15 серий различных микропроцессоров, имеющих широкий диапазон технических характеристик.

Вторая область применения микропроцессоров и микроЭВМ — использование их для управления взаимосвязанными технологическими комплексами, гибкими переналаживаемыми производствами, автоматизированными предприятиями. Максимальный экономический эффект дают не отдельно применяемые средства автоматизации изолированных звеньев производственного процесса, а системная комплексная автоматизация, охватывающая все стадии производства — от поступления сырья до отгрузки готовой продукции.

### Создание систем управления

Микропроцессорная техника существенно влияет на техническое перевооружение народного хозяйства и, в первую очередь, машиностроительных отраслей. Важный шаг в развитии машиностроения, его технологии — создание станков с числовым программным управлением (ЧПУ) с применением микропроцессоров и микроЭВМ. Во много раз возрастает эффективность использования микропроцессорной техники в системах управления целыми автоматизированными технологическими системами.

В основных отраслях машиностроения, в особенности там, где необходима быстрая смена продукции, в ближайшие годы предстоит перейти к гибким переналаживаемым автоматизированным производствам (ГАП). Опыт последних лет показал, что максимальная эффективность использования микропроцессоров достигается в распределенных системах сбора и обработки информации, когда обработка данных (фильтрация, сглаживание, сравнение с уставками, масштабирование и др.) производится в реальном масштабе времени. Основные задачи управления ГАП будут решать распределенные многопроцессорные системы. Они обеспечивают гибкость производственного комплекса при изменениях номенклатуры выпускаемой продукции. При этом переход к выпуску новой продукции, как правило, не требует значительных дополнительных капитальных затрат — необходима лишь замена программ для системы управления.

### Разработка и стандартизация программного обеспечения

Следует отметить, что в распределенных системах стоимость программного обеспечения составляет от половины до 80% стоимости всей системы. Этот и ряд других факторов свидетельствуют о том, что система программирования для микропроцессорных средств вычислительной техники и автоматизации должна быть стандартизирована. Прежде всего необходима возможность оперативной разработки программного обеспечения и использования существующего. Отсутствие стандартов на программные средства может задержать быстрый переход к эффективному использованию новых микропроцессоров. Наличие общих стандартов программирования для микропроцессоров позволяет создать соответствующий фонд программного обеспечения. В первую очередь это касается языков и систем программирования.

Если для первых микропроцессоров, обладавших сравнительно простой структурой и небольшим числом команд, был пригоден язык программирования низкого уровня, то в настоящее время, когда архитектура микропроцессоров стала гораздо сложнее и сами они имеют систему команд, сходную с системами команд больших машин, использование языка программирования, ориентированного на конкретный процессор, при разработке прикладных программ нецелесообразно. Язык программирования микропроцессоров должен быть языком высокого уровня, что позволит сократить сроки разработки программ в 4—5 раз, повысить их надежность и снизить требования к квалификации программиста. Последнее обстоятельство существенно, так как вследствие многообразия применения микропроцессоров к задачам их использования привлекаются специалисты самых различных профилей, зачастую не имеющие высокой квалификации в области программирования.

### Применение микропроцессоров в различных отраслях

Микропроцессорная техника все шире внедряется в различные отрасли народного хозяйства.

В приборостроении, например, она все больше используется при выпуске регуляторов. Так, здесь осваивается регулирующий микропроцессорный контроллер «Ремиконт Р-100», выпуск которого составит 80—85% производства регуляторов. Существенно повышается точность и надежность приборов, снижается их стоимость, энерго- и материалоемкость.

В автомобилестроении первоочередными являются работы по созданию электронных систем управления двигателем, позволяющих снизить потребление топлива на 8—10%. В 1983 г. на предприятиях Министерства электронной промышленности СССР и Министерства автомобильной промышленности СССР начато серийное производство микропроцессорного устройства, управляющего системой зажигания и экономайзером принудительного холостого хода. При этом снижение расхода топлива составит 4—5%. Применение же электронного управления в системе газодинамического наддува при впрыскивании топлива обеспечивает снижение удельной металлоемкости двигателей на 15—20%.

В станкостроении осуществляется переход от существующих конструкций станков с ЧПУ, выполненных на базе универсальных станков, к значительно более совершенным системам, работающим в диалоговом режиме. Это позволит повысить производительность труда не менее чем в 1,5 раза. Так, каждая тысяча станков с ЧПУ на основе микроЭВМ высвобождает 2,5 тыс. станочников.

На базе микроЭВМ создаются системы управления автоматическими манипуляторами, которые обеспечивают высвобождение от трудоемких и ручных работ в среднем до трех человек при двухсменной работе одного манипулятора. Применение микропроцессоров в приборах измерения или контроля дает возможность в несколько раз (в ряде случаев на один-два порядка) повысить точность измерений и, что не менее важно, выполнять обработку данных в процессе измерения.

Наряду с автоматизацией отдельных устройств и приборов на основе микропроцессорной техники, в стране широко развернуты работы по созданию систем комплексной автоматизации на базе средств автоматического управления и регулирования, устройств числового программного управления, роботов-манипуляторов и др.

К 1990 г. предусматривается создание в отраслях народного хозяйства ряда автоматизированных предприятий и автоматизированных комплексов на основе гибких перестраиваемых линий с применением роботов. Такие предприятия будут созданы и в системе агропромышленного комплекса.

### Единая целевая комплексная программа

Всесоюзное совещание приняло решение, одним из пунктов которого ставилась задача разработать единую целевую комплексную программу (ЕЦКП) использования микропроцессоров. В конце 1983 г. ГКНТ СССР, Госплан СССР и АН СССР утвердили такую

программу. В ней подчеркнута: «Создать, освоить в производстве и ввести в эксплуатацию в отраслях народного хозяйства автоматизированные машины, оборудование, технологические процессы, гибкие автоматизированные производства и комплексы на базе микропроцессорной техники и магистрально-модульных управляющих систем».

В программе имеется 9 разделов (подпрограмм). В них предусмотрено создание, освоение в производстве и ввод в эксплуатацию с использованием средств микропроцессорной техники:

— предприятий, гибких переналаживаемых производств и систем управления для них;

— автоматизированных технологических комплексов;

— машин, агрегатов, установок и оборудования;

— систем управления технологическими процессами;

— систем и устройств автоматического управления и регулирования;

— информационных систем;

— систем для научных исследований, проектно-конструкторских работ, обучения и отладки МПТ;

— унифицированных технических и программных средств автоматизации;

— измерительных систем, комплексов и приборов.

Следует отметить, что создание микропроцессорной техники и ее применение потребуют разработки ГОСТов и руководящих технических материалов, обеспечивающих единство организационной, технической и программной политики в этой области.

Серийное производство в отраслях народного хозяйства машин, оборудования и систем управления на базе микропроцессорной техники, созданных по программе, позволит получить большой экономический эффект.

Наша страна ведет работу по применению микропроцессорных средств в народном хозяйстве в тесном сотрудничестве со странами—членами СЭВ. Промышленность Советского Союза и братских социалистических стран уже сегодня обеспечивает выпуск микропроцессорных средств высокого класса в номенклатуре и количествах, достаточных для их широкого применения в народном хозяйстве. Развиваются работы по созданию программного обеспечения для вычислительных и управляющих систем.

### Организационные вопросы

Возможности микропроцессорной техники требуют от потребителя нового подхода к конструированию микропроцессорных систем.

Если раньше реализация логических систем достигалась соединением интегральных схем малой и средней степени интеграции, то теперь проектировщики микропроцессорных систем столкнулись с такими блоками, как микропроцессоры, платы запоминающих устройств, контроллеры ввода-вывода, которые необходимо запрограммировать, чтобы они могли вместе выполнять определенные системные функции. Требование программируемости связано с проблемой новой организации производства как у поставщика, так и у потребителя.

Поставщику микропроцессорных устройств нужно обеспечить потребителя документацией о возможностях программирования, различными системными программами и инструментальными технологическими средствами программирования, без которых микропроцессорные системы управления не могут быть созданы. Потребитель же должен заняться программированием для конкретных применений микропроцессорной техники.

Со своей стороны Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР, Министерство радиопромышленности СССР, Министерство промышленности средств связи СССР и Министерство электронной промышленности СССР должны постоянно расширять выпуск четко определенной номенклатуры массовых и надежных комплектующих изделий, внешних устройств, аппаратуры, приборов и микроЭВМ. Тогда будет обеспечена их доступность за счет крупносерийного производства и относительно низких цен. Только при таком условии можно рассчитывать на успех в сложной

и многоплановой работе по автоматизации производства на базе микропроцессорной техники.

Еще один важный вопрос — подготовка и переподготовка кадров. Специалисты, занимающиеся традиционными направлениями в технике и технологии, не сразу воспринимают новые идеи и новые технические решения. Так в известной мере случилось и с микропроцессорами. Многие отрасли оказались неподготовленными к широкому их применению из-за острой нехватки кадров, способных овладеть новейшей техникой.

Чтобы преодолеть имеющийся психологический барьер, нужно уже сегодня оценить весь объем предстоящей работы. Ведь речь идет о технике, которая проникает во все типы машин, оборудования, приборов, технологических комплектов, вплоть до стиральных машин, бытовых электроприборов и детских игрушек. В ближайшие годы микроЭВМ, персональные ЭВМ и микропроцессоры во всевозрастающих масштабах будут применяться как средства обучения, как средства автоматизации конструкторских, проектных и других работ. Но для этого нужны прежде всего квалифицированные кадры.

Активная и целеустремленная работа научных и производственных коллективов, конструкторских и технологических организаций, внимание руководителей министерств и ведомств позволяет успешно решить проблемы широкого применения микропроцессорной техники для дальнейшей интенсификации и повышения эффективности общественного производства, для выполнения задач, поставленных партией и правительством.

Бор  
дирек  
и  
член

30



## Микропроцессорная технология — основа перспективных ЭВМ массового применения



**Борис Николаевич НАУМОВ,**  
директор Института проблем  
информатики АН СССР,  
член-корреспондент АН СССР

На примере опыта разработки Системы малых и микроЭВМ (СМ ЭВМ) рассмотрены архитектурные особенности магистральных модульных компонентов микропроцессорных устройств. Анализируются требования к составу и функциям средств программирования и периферийных устройств для этих комплексов.

В середине семидесятых годов по единой для стран—членов СЭВ долгосрочной целевой программе была начата разработка ряда моделей малых и микроЭВМ массового применения. В настоящее время развернуто крупносериальное производство Системы малых и микроЭВМ (СМ ЭВМ). Тысячи таких ЭВМ установлены на предприятиях и в научно-исследовательских организациях; они используются в автоматизированных комплексах промышленного назначения, в составе сложных экспериментальных установок, в здравоохранении, связи, сфере услуг, на транспорте.

Опыт применения малых и микроЭВМ позволил в полной мере выявить круг задач, которые необходимо решить в процессе внедрения интегрированных систем автоматизированного проектирования и производства. В массовых областях применения вычислительной техники малые и микроЭВМ призваны сыграть основную роль, содействуя внедрению новейших достижений информатики и теории управления, а также качественно новых средств и методов обработки данных (методы машинной графики, цифровой обработки сигналов, анализа и синтеза речевых сообщений, построения сетей передачи информации). В то время как универсальные высокопроизводительные ЭВМ составляют основу индустрии обработки информации в масштабах страны и отдельных экономических регионов, ЭВМ массового применения — это база для комплексной автоматизации взаимосвязанных объектов управления.

Переход к многовариантному, магистрально-модульному исполнению комплексов на базе малых и микроЭВМ, создание в массовых масштабах пакетов прикладных программ для вновь осваиваемых областей применения этих ЭВМ и разработка новых методов экспертно-консультационного обслуживания пользователей крупносериальной вычислительной техники составляют сегодня основу для реализации второго эта-

па программы СМ ЭВМ. Модели второй очереди включают четыре новых класса. Класс микроЭВМ отличается минимальным объемом оборудования и ориентацией на наиболее массовую серию микропроцессорных интегральных схем К580/К1810. Класс «супермини»-ЭВМ предназначен для диспетчерских и координирующих комплексов в системах автоматизации производственных процессов, управления энергетическими и материальными потоками, а также для автоматизации проектирования с повышенными требованиями к производительности и точности вычислений. Класс многопроцессорных и многомашинных комплексов ориентирован на создание систем повышенной надежности, обработки массовых потоков заявок (транспорт, связь, информационно-справочные системы) и сетей ЭВМ. Наконец, класс специализированных процессоров предназначен для тех областей применения СМ ЭВМ, где требуется увеличение производительности основного оборудования не менее чем в 10—100 раз при решении определенных типов задач (обработка символической информации, сигналов).

Основная идея разработки перспективных ЭВМ массового применения, среди которых найдут место ЭВМ всех перечисленных выше классов, состоит в радикальном изменении структуры парка ЭВМ с одновременным форсированным развитием технических и программных средств и методов их объединения как в локальных, так и в территориально распределенных комплексах (сетях). Конечная цель создания сетей ЭВМ — доведение необходимых информационных ресурсов до каждого рабочего места, где применяются средства обработки данных или решаются задачи управления — может быть достигнута в общегосударственном масштабе только на пути построения «федерации» сетей, обладающих различными потребительскими и стоимостными характеристиками.

В этом объединении роль малых и микроЭВМ состоит в удовлетворении потребностей уже выявленных массовых областей применения автоматизированной обработки данных и систем управления, выявлении и освоении новых областей применения ЭВМ и микропроцессорной техники и, на завершающем этапе, создании интегрированной системы средств связи и вычислительной (управляю-



**Александр Владимирович ГИГЛАВЫЙ,**  
заведующий лабораторией  
Института  
проблем информатики  
АН СССР

щей) техники. В результате решения этих задач информационные потоки, перерабатываемые и порождаемые высокопроизводительными универсальными и специализированными ЭВМ, будут наиболее эффективным образом включены в инфраструктуру народного хозяйства страны.

Необходимо обеспечить гораздо более четкое, чем до настоящего времени, разделение функций между ЭВМ различных классов: без этого, как показывает опыт последних лет, нерационально используются ресурсы высокопроизводительных ЭВМ, формируются завышенные требования к пропускной способности каналов связи в сетях ЭВМ и сдерживается процесс стандартизации сопряжений между ЭВМ различных функциональных и конструктивных рангов.

При создании «федераций» сетей ЭВМ важнейшую роль играют малые и микроЭВМ, непосредственно связанные с человеком или объектом управления (в том числе профессиональные ЭВМ для наиболее массовых применений). Эти ЭВМ наряду с микропроцессорными промышленными контроллерами выполняют в сетях роль терминальных станций. Все без исключения интеллектуальные терминальные станции строятся по магистрально-модульному принципу, положенному в основу СМ ЭВМ, что позволяет на значительный срок стабилизировать архитектуру основных компонентов технических и программных средств (процессоров, устройств памяти, магистралей, средств программирования, операционных систем) в рамках решений, принятых в СМ ЭВМ. Разумная стабилизация не сдерживает процесс расширения функциональных возможностей ЭВМ массового применения и является абсолютно необходимым условием для освоения технологии массового производства микропроцессорной вычислительной и управляющей техники (потребность только в профессиональных ЭВМ для автоматизации рабочих мест исчисляется миллионами единиц). Кроме того, такая стабилизация создает условия для эффективного управления процессом повышения надежности отдельных модулей и периферийных устройств, а также для создания централизованной сети технического обслуживания, тиражирования программных продуктов и экспертно-консультационных услуг.

Основная задача создания систем перспективных ЭВМ — обеспечение возможности широкого использования средств вычислительной техники, баз данных и баз знаний в большинстве сфер приложения человеческого труда, — не накладывает никаких специальных требований на выбор архитектуры основных схемотехнических компонентов ЭВМ последовательного типа, какими являются малые и микроЭВМ. Ориентация на

конкретные применения достигается здесь путем использования специализированных периферийных устройств и развитого набора средств программирования. Системные программы могут быть частично или полностью реализованы на основе «кремниевых программных компонент» или специализированных процессоров (сопроцессоров). Эти программные и схемотехнические компоненты входят в состав либо ядра терминальной станции, либо отдельных подключенных к ней периферийных устройств, что полностью отвечает принципам построения локальных сетей микропроцессорных устройств с разделением функций между ними.

При определении стабильной архитектуры магистрально-модульных комплексов микропроцессорных устройств (ММК МПУ) принцип модульности находит отражение в разделении функций между процессорами и сопроцессорами в составе терминальных станций и дополняется заложением в архитектуру ЭВМ массового применения механизма многоуровневых виртуальных машин.

Использование концепции виртуальной машины, т. е. «доставляемой» системным программистом, становится, как показывает мировая практика последних лет, основным инструментом для разрешения противоречий между возможностями элементной базы (микропроцессорных серий БИС/СБИС) и требованиями пользователей. С одной стороны, виртуализация отдельных компонентов ЭВМ позволяет наиболее радикально отойти от машинной зависимости в операционных системах и проблемно-ориентированных программах. С другой стороны, микропроцессорные устройства, снабженные программами, превращающими их в виртуальные машины с определенной проблемной ориентацией (применение языков высокого уровня, телеобработка данных, машинная графика и т. п.), становятся, по мере развития технологии, прототипами СБИС последующих поколений, когда функции стандартизованных программ и микропрограмм переходят на схемотехнический уровень.

Таким способом решается проблема преемственности и развития микропроцессорной элементной базы, поколения которой сменяются быстрее, чем архитектурные поколения ЭВМ массового применения. Стандартизация и унификация элементной базы ММК МПУ с постоянным ее совершенствованием на основе решений, принятых в СМ ЭВМ, обеспечат сокращение номенклатуры основных типов БИС и СБИС, ответственных за формирование архитектуры, и позволят уже в ближайшее время сосредоточить усилия на разработке наиболее перспективных направлений микропроцессорной технологии (микромощные КМОП-схемы, однокристалльные микроконтроллеры, схемы с

повышенной отказоустойчивостью, с программируемой логикой, сопроцессоры и т. п.).

Вторым важным звеном процесса стандартизации ММК МПУ является стандартизация ряда магистралей, перекрывающих широкий ( $10^2$ — $10^3$ ) диапазон по таким характеристикам, как пропускная способность, стоимость и надежность передачи данных. Предложенный в начале восьмидесятих годов термин «компьюнификация» (компьютер+коммуникация) подчеркивает ускоряющееся проникновение средств вычислительной техники в системы связи и стандартов, существующих и формирующихся в технике связи, в архитектуру ММК МПУ. Прежде всего этот процесс затрагивает именно микропроцессорную вычислительную технику, поскольку в обозримом будущем все основные функции оконечного оборудования каналов связи (речевых, телевизионных, каналов передачи данных) будут реализованы на уровне БИС/СБИС.

В ЭВМ массового применения развитие стандартных магистралей позволяет решить проблему эффективного использования дорогостоящих и требующих квалифицированного обслуживания периферийных устройств в составе ММК МПУ (технико-экономические соображения заставляют разделять такие ресурсы, как устройства внешней памяти, высококачественной печати, машинной графики и др.). Выбор архитектур локальных сетей с различными зонами охвата является важнейшим предметом исследований применительно к ММК МПУ. Следует, очевидно, в полной мере использовать при этом накопленный опыт работ по применению стандарта КАМАК и приборного интерфейса ЭЭК.

При формировании программы развития магистрально-модульных комплексов класса СМ ЭВМ с учетом возможностей микропроцессорной технологии и перспективных направлений развития программного обеспечения малых и микроЭВМ следует выделить три разновидности (три уровня) модульного деления комплексов;

— технологическое деление, при котором границы модулей определяются исходя из характеристик конструктивно-элементной базы (кристалл БИС/СБИС, микросборка, печатная плата);

— функциональное деление, при котором границы модулей определяются архитектурой виртуальных машин, реализующих в составе ММК МПУ отдельные целевые функции (сбор, обработка, представление и передача данных, управление объектами);

— проблемно-ориентированное деление, при котором границы модулей определяются их местом в задавае-

мой для программ-  
румента  
в систе-  
лексы с  
обработ-  
гие раз-  
тирован-

Таки-  
дольны-  
строят  
техноло-  
ли фун-  
зующие  
модуле-  
повых  
лемно-  
пользо-  
предше-

Каж-  
ет суш-  
ки зрен-  
освоен-  
ства и  
ствуюш-  
лемно-  
рованн-

Ана-  
цессор-  
произв-  
ройдств-  
нии ст-  
ных ко-  
ния по-  
стоим-  
уровне-  
нее че-  
тавяк  
процес-  
нетрад-  
шения  
данн-  
ков да-  
значен-  
в 100  
стоим-  
гии с  
архите-  
обеспе-  
родно-  
пользо-  
рий Б

Зн-  
на ка-  
уровн-  
штаб-  
цифич-  
лей. Т-  
ского  
шени-  
ретае-  
годно-  
стики  
моду-  
стиже-  
ложе-  
ность  
компл-  
ориен-  
факто-  
стано-  
вания  
вание  
Д-  
уровн-

мой для комплекса схеме подготовки программ и обработки данных (инструментальные и объектные микроЭВМ в системах реального времени, комплексы с конвейерной и параллельной обработкой данных, сети ЭВМ и другие разновидности проблемно-ориентированных комплексов).

Таким образом, магистрально-модульные ЭВМ массового применения строятся по трем уровням: модули технологического уровня; модули функционального уровня, использующие весь набор технологических модулей в качестве «библиотеки типовых компонент»; модули проблемно-ориентированного уровня, использующие весь набор модулей двух предшествующих уровней.

Каждый из этих уровней обладает существенной спецификой с точки зрения организации разработок, освоения крупносерийного производства и методов применения соответствующих модулей в типовых, проблемно-ориентированных и специализированных комплексах.

Анализ возможностей микропроцессорной технологии и технологии производства периферийных устройств показывает, что при сохранении стабильной архитектуры основных компонентов ММК МПУ значения показателя «производительность/стоимость» для модулей каждого из уровней могут быть повышены не менее чем в 10 раз. Исключение составляют модули специализированных процессоров, для которых благодаря нетрадиционному архитектурному решению (ассоциативная обработка данных, управление на уровне потоков данных, конвейеризация и т. п.) значение этого показателя возрастает в 100 и более раз. Объединение достоинств микропроцессорной технологии с применением нетрадиционных архитектур на уровне БИС/СБИС обеспечивает наиболее высокий народнохозяйственный эффект при использовании микропроцессорных серий БИС.

Значение показателей надежности на каждом из определенных выше уровней выбирается с учетом масштабов производства модулей и специфических требований пользователей. Так, для модулей технологического ряда основное значение в решении проблемы надежности приобретает высокий уровень ремонтопригодности и обеспечение самодиагностики модулей. Для функциональных модулей определяющим фактором достижения надежности становится заложенная в их архитектуру возможность построения отказоустойчивых комплексов. Наконец, для проблемно-ориентированных модулей основным фактором повышения надежности становится технология программирования, обеспечивающая функционирование систем реального времени.

Для модулей технологического уровня диапазон значений показате-

ля «производительность/стоимость» ограничен сверху с учетом следующих требований:

— стоимость модуля и трудоемкость его изготовления должны обеспечивать возможность его массового производства;

— производительность процессорных модулей должна охватывать диапазон от  $5 \times 10^4$  до  $5 \times 10^6$  коротких операций в секунду;

— в состав набора должны входить модули, обеспечивающие построение отказоустойчивых ММК МПУ на основе стандартных магистралей;

— модули, имеющие минимальную стоимость, должны обеспечивать высокий уровень ремонтопригодности в составе ММК МПУ (ремонт путем замены модулей без привлечения специального персонала);

— структура модулей ориентирована на широкое использование «кремниевых программных компонент» по мере их стандартизации в составе функциональных модулей (программы виртуальных машин);

— необходимое разнообразие эксплуатационных и стоимостных характеристик модулей этого ряда достигается благодаря использованию 8- и 16-разрядных (в перспективе — 32-разрядных) микропроцессорных БИС/СБИС).

Программное обеспечение модулей технологического уровня выполняет функции встроенной диагностики, тестирования и управления магистральным обменом. Прикладные программы для этих модулей разрабатываются исключительно в кросс-режиме, что с учетом массового производства типовых конфигураций ММК МПУ (таких, как микропроцессорные промышленные контроллеры) обуславливает высокие требования к качеству как инструментальных, так и исполнительных операционных систем.

Технологический ряд модулей составляет основу номенклатуры специализированных предприятий с массовым характером производства. Определенное значение при организации производства модулей этого ряда приобретает входной контроль элементов и материалов, широкое применение контрольно-диагностической аппаратуры и разработка трудо-сберегающих технологий производства и ремонта модулей. Инструментальные микроЭВМ, содержащие устройства для анализа логических состояний и внутрисхемной эмуляции, являются неотъемлемой принадлежностью технологического ряда модулей.

Для модулей функционального уровня номенклатура формируется в соответствии с системой стандартов, охватывающих следующие параметры и объекты ММК МПУ:

— базовое программное обеспечение, включающее в себя инструментальные и исполнительные операци-

онные системы для различных режимов эксплуатации ММК МПУ;

— языки программирования высокого уровня и средства аппаратно-микропрограммной поддержки для этих языков;

— методы кодирования численной, текстовой, графической/образной и структурированной информации, а также средства их аппаратно-микропрограммной реализации;

— средства распределенной обработки данных (физические и логические каналы обмена, сетевые протоколы передачи данных);

— интерфейсы для подключения периферийных устройств и соответствующие программные средства;

— физические параметры машинных носителей информации и структуры данных, реализуемые на этих носителях.

Именно на уровне модулей происходит формирование программно-аппаратных комплексов с разделением функций между отдельными компонентами на уровне виртуальных машин. Основным предметом исследования применительно к функциональным модулям является схема автоматического или автоматизированного синтеза этих модулей из имеющегося набора технологических модулей. По мере накопления опыта должна быть поставлена задача анализа структуры функциональных модулей и автоматизированного проектирования набора технологических модулей, реализующего заданные функции на уровне СБИС или более крупных конструктивных единиц.

На заключительном этапе исследований будет создана система нисходящего автоматизированного проектирования полузаказных и заказных БИС/СБИС для многофункциональных терминальных станций, что позволит приблизить стоимость терминалов в перспективных моделях ЭВМ к стоимости бытовых и измерительных электронных приборов.

Важным направлением исследований применительно к функциональным модулям ММК МПУ является создание технологии программирования, позволяющей выявить требования пользователей к пакетам прикладных программ (ППП) для наиболее массовых областей применения ЭВМ, создать высокоэффективные и простые в обращении пакеты программ и провести массовое тиражирование этих пакетов. Наиболее широко тиражируемыми в настоящее время являются пакеты прикладных программ для малых и микроЭВМ (тиражность ряда пакетов программ для микроЭВМ за рубежом составляет сотни тысяч экземпляров). Имеющийся опыт разработки и внедрения ППП в СМ ЭВМ показывает, что входящие в них программы обладают простым механизмом настройки на параметры пользовательских задач и эффективно разбиты на моду-

ли. Это повышает их ценность в качестве задела для создания фонда прикладных программ, используемого на перспективных малых и микроЭВМ.

Процесс быстрого распространения профессиональных ЭВМ свидетельствует о том, что «персонализованные» ППП с удобными средствами диалога, применением средств машинной графики и удобным для пользователя разделением функций между отдельными программами во многом преобладают по отношению к ППП СМ ЭВМ. Тем самым подтверждается тезис об инерционности программного обеспечения при смене поколений ЭВМ. Проблематику исследований по этому направлению составляют задачи обеспечения мобильности системных и прикладных программ, создание методов повышения надежности программирования прикладных задач и инструментальных средств для этой цели, разработки новых режимов графического, текстового и речевого диалога и создания экспертных систем для автоматизированной генерации ППП. К операционным системам терминальных станций предъявляется по сути единственное требование — они должны быть «невидимы» для пользователя.

Третьим направлением исследований, во многом характеризующим состав номенклатуры функциональных модулей, является формирование ряда специализированных процессоров. В первом приближении номенклатура этого ряда определяется архитектурой терминальной станции, охватывающей:

- интерактивный дисплей с трехмерной памятью содержимого экрана (растровый кадр + цветность/интенсивность);
- устройства ввода графической, позиционной, текстовой и речевой информации;
- устройство для выхода в сеть ЭВМ;
- модуль для работы с локальной и распределенной базой данных;
- набор измерительных каналов и каналов управляющих воздействий;
- устройства вывода графической, текстовой и речевой информации;
- модули процессора;
- сервисный модуль (диагностика, переключение режимов).

Для программиста-пользователя такая многофункциональная терминальная станция реализует локальную обработку данных и набор многоуровневых протоколов доступа по пяти основным режимам диалога: работа с базой данных, машинная графика, сетевая телеобработка, обработка изображений, обработка сигналов.

Набор специализированных процессоров должен представлять возможность повышения производительности в каждом из режимов работы терминальной станции. Важную роль в проведении этих исследований играет системометрический анализ характеристик специализированных процессоров, позволяющий оценивать их производительность в понятных для него обозначениях.

Отдельно следует рассмотреть перспективы использования в специализированных процессорах нетрадиционных (ненеймановских) архитектур. Согласованность архитектуры специализированных процессоров с системой стандартов, охватывающей функциональные модули, позволит в перспективе перейти к введению этих процессоров в состав ряда технологических модулей и созданию БИС/СБИС с соответствующей архитектурой.

Исследования в области периферийных устройств для терминальных станций сосредотачиваются на достижении высоких надежностных и эргономических показателей. Для терминальных станций минимального состава (простейшие профессиональные и учебные ЭВМ) должны быть исследованы возможности применения бытовой и измерительной аппаратуры в качестве периферийных устройств. Это предполагает существенное улучшение общих характеристик аппаратуры указанных классов. Должны получить ускоренное развитие наборы микропроцессорных БИС/СБИС, обеспечивающих минимизацию числа микросхем в контроллерах (программируемых контроллерах) периферийных устройств. Переход к локальной обработке данных непосредственно в периферийных устройствах потребует в ряде случаев применения в контроллерах одного или нескольких 8- и 16-разрядных микропроцессоров. Определяющее свойство терминальных станций — также минимальная стоимость их подключения к локальным сетям. Должно произойти окончательное оформление двух классов периферийных устройств для терминальных станций: в первом классе критическим фактором является минимальная стоимость, а во втором классе — достижение нового уровня функциональных возможностей при сохранении стоимости. На весь рассматриваемый период сохраняется высокий приоритет разработок периферийных устройств с минимальным количеством электромеханических узлов. По важнейшим позициям (устройства печати и графического вывода, внешние запоминающие устройства) эта задача в настоящее время далека от разрешения. Устройства ввода графической/образной и речевой информации,

требующие сложных алгоритмов предварительной обработки сигналов, могут найти применение в составе терминальных станций только при условии ускоренного развития специализированной элементной базы. Важное значение приобретает разработка плоскостных и объемных микроманипуляторов для ввода позиционной информации. Производство функциональных модулей технических и программных средств терминальных станций должно быть организовано на предприятиях с узкой специализацией. Недостаточный опыт организации таких производств в сфере, связанной с применением вычислительной техники, требует изучения практики такого производства в смежных отраслях промышленности и на зарубежных фирмах-поставщиках комплексного оборудования (OEM, original equipment manufacturer).

Предприятия-поставщики (заводы) программных средств должны освоить полный цикл производства, в том числе редакционно-издательский процесс, технологию аттестации программ и создание сети учебно-консультационных центров (совместно с высшей и средней школой).

Для модулей проблемно-ориентированных комплексов номенклатура формируется по заказам пользователей и включает следующий примерный перечень объектов:

- комплексы для САПР—ГАП (терминальные станции, промышленные контроллеры и т. п.), обеспечивающие обработку информационных потоков, связанных с основным производственным оборудованием, и применение безбумажной технологии работы с документацией;
  - отказоустойчивые комплексы для управления сложными объектами и системами в реальном масштабе времени;
  - инструментальные комплексы для автоматизации проектирования, изготовления и контроля массовых изделий микропроцессорной техники;
  - комплексы повышенной надежности/ремонтпригодности для специальных условий эксплуатации;
  - инструментальные комплексы для подготовки программ, выполняемых на высокопроизводительных универсальных или специализированных ЭВМ;
  - комплексы для управления уникальными экспериментами.
- Производство этих модулей нацелено на выявление типовых решений в тех областях применения, которые характеризуются повышенной трудоемкостью разработки комплексов, и тиражирование освоенных типовых решений.

Статья поступила 18 января 1984 г.

УДК 681.3.00-181.4

В. М. Пролейко

## Микропроцессорные средства вычислительной техники и их применение

### Микропроцессорные интегральные схемы и микроЭВМ

Темпы развития отечественной и зарубежной микропроцессорной техники за первые 10 лет ее истории не имеют себе равных и свидетельствуют о новом этапе научно-технической революции. Микропроцессоры (МП) и разработанные на их основе микроЭВМ возникли в результате синтеза новейших достижений микроэлектроники, обеспечившей возможность получения интегральных схем (ИС), содержащих десятки и сотни тысяч элементов на кристалле, и вычислительной техники, основными принципами которой (модульность, магистральность, микропрограммное управление и т. п.) были реализованы в новой элементной базе.

Появление МП и микроЭВМ оказало и продолжает оказывать революционизирующее влияние на многие отрасли народного хозяйства благодаря качественному изменению стратегии управления — переходу к децентрализованным (распределенным) системам управления, снижению трудоемкости их проектирования, внесению элемента интеллектуальности в нетрадиционные сферы управления, где ранее применение вычислительной техники было невозможным или нерентабельным (измерительная и связная РЭА, приборостроение, медицина, космос, бытовая аппаратура и т. п.), изменению требований к подготовке специалистов для многих областей науки и техники и т. п.

Начало развития полупроводниковой электроники связано с появлением и быстрым совершенствованием интегральной схемотехники и созданием на ее основе интегральных микросхем. Интегральная схемотехника за сравнительно короткий срок прошла гигантский путь: степень интеграции выросла от нескольких десятков элементов на кристалле в середине 60-х годов до десятков и сотен тысяч в настоящее время, причем размеры кристаллов практически не изменились, а важнейшие технические характеристики (быстродействие, энергопотребление, надежность) заметно улучшились. Рост уровня интеграции позволил получить в виде интегральных микросхем сначала отдельные вентили, триггеры, а позднее целые блоки, узлы и вычислительные устройства. При создании специализированных устройств ограниченного применения, выпускаемых малыми тиражами (полузаказные БИС) возможно дальнейшее увеличение интеграции функций на одном кристалле на основе жесткой логики.

Однако такой подход вступает в противоречие с основной идеей, реализуемой электронной промышленно-

стью — изготовление ИС методом групповой технологии, массовыми тиражами в едином технологическом цикле, что позволяет даже при значительных затратах на разработку и освоение производства получать дешевые интегральные микросхемы высокой сложности.

Разумную альтернативу дорогостоящему пути, подразумевающему разработку специализированных устройств малой тиражности, представляет создание программируемых ИС. Идея программируемости подразумевает реализацию большого числа систем, различного функционального назначения. Так появились *микропроцессоры* — функционально законченные программноуправляемые устройства обработки данных, сочетающие дешевизну стандартного изделия серийного производства с гибкостью универсального устройства, состоящего из арифметическо-логического устройства и устройства управления [1]. Типичная программа работы микропроцессора представляет собой последовательность команд, хранящихся в ПЗУ.

*МикроЭВМ* — конструктивно завершенная вычислительная система, выполненная на основе микропроцессорных БИС и содержащая кроме микропроцессора несколько БИС памяти (ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ), тактовый генератор и интерфейсные схемы ввода-вывода.

Примером однокристалльной микроЭВМ является «Электроника С5-31» (БИС К586ВЕ1) — законченная 16-разрядная вычислительная машина, выполненная по *n*-МОП технологии, обладающая достаточно высоким быстродействием (500 тыс. коротких операций/с), ограниченным объемом оперативной и постоянной памяти (128 и 1024 16-разрядных слов соответственно), достаточным, однако, для реализации широкого круга задач при встраивании микроЭВМ в различные измерительные приборы и устройства автоматизации.

Главным достоинством этой микроЭВМ является наличие цифровых параллельных каналов ввода-вывода (32 разряда) и последовательного канала ввода-вывода (8-разрядный таймер-счетчик событий). Адреса каналов ввода-вывода введены в общую память, что позволяет обращаться с этими каналами как с ячейками памяти.

Предусмотрена возможность переключения интерфейса в режим работы с дополнительными схемами памяти и ввода-вывода. Важным является применение «Электроника С5-31» в качестве универсального программируемого преобразователя интерфейсов.

За короткий период созданы и продолжают совершенствоваться 4-, 8- и 16-разрядные МП БИС [2], ведутся разработки сложных микропроцессорных систем на пластине кремния. Микропроцессорные БИС выпускаются по всем основным типам микроэлектронной технологии, для различных областей применения

Таблица 1

Технология	Серия МП БИС (примеры)	Отличительные особенности	Основные области применения
ЭСЛ	К 18С0		Быстродействующие цифровые устройства, процессоры больших ЭВМ
ИЗЛ	КР 583, КР 584	Высокое быстродействие	Обработка данных в контрольно-измерительной аппаратуре, системы управления технологическими процессами
ТТЛШ	К 589, КР 1802, К 1804		
п-МОП	КР 580, К 1801, КР 1809, К 1810		
КМОП	КР 588	Малая потребляемая мощность	Системы ЧПУ, автотранспорт, железнодорожный транспорт
р-МОП	К 145	Низкая стоимость	Бытовая радиоаппаратура, фототехника, микрокалькуляторы

(табл. 1). Область применения определяет выбор типа микропроцессора. Например, для многоуровневой микропроцессорной иерархической системы управления сложными объектами главное значение имеет производительность, способность обрабатывать большие массивы данных, функциональная гибкость микропроцессоров. Для построения простых систем, связанных кратчайшими связями с объектами управления, важнейшая роль принадлежит стоимости, массогабаритным характеристикам, простоте каналов связи. Увлечение МП с высокими техническими характеристиками часто приводит к недооценке возможностей 4- и 8-разрядных МП, в том числе выполненных по сравнительно дешевой микроэлектронной технологии. А именно эти МП могут управлять многими технологическими установками, большинством контрольно-измерительных приборов, бытовой электротехнической и радиотехнической аппаратурой при весьма умеренной стоимости такого управления. В настоящее время закончена разработка массовой дешевой 4-разрядной однокристальной микроЭВМ, выполненный по р-МОП технологии. Имея достаточные вычислительные ресурсы: производительность 100 тыс. коротких операций/с, емкость ОЗУ 64×4 бит, ПЗУ 1 К байт, а также отладочный комплект БИС, такая микроЭВМ найдет самое широкое применение в бытовой РЭА и электроприборах. На ее основе разрабатывается система автома-

тического управления бытовым кондиционером, которая обеспечит значительную экономию электроэнергии.

МП с более высокой разрядностью обеспечивают более высокую производительность и широкие возможности адресации, что позволяет применять их в сложных многоуровневых системах управления. Но «по мере возрастания разрядности и сложности инструкций, увеличивается и сложность микропроцессоров. В связи с этим затраты инженерного труда на проектирование одного микропроцессора составляют уже не один человеко-год, а более ста человеко-лет» [3].

Проблема проектирования МПБИС представляет особый интерес с точки зрения новых принципов взаимодействия *системотехников* (разработка общей структуры системы управления), *математиков* (разработка алгоритмов управления), *схемотехников* (разработка конкретной схемы управления) и *технологов* (разработка технологии производства интегральной схемы, учитывающей специфику будущего применения).

Единственным и универсальным средством проектирования МПБИС любых МП-систем может стать только САПР, единая для перечисленных категорий специалистов. Развитие САПР и совершенствование микроэлектронной технологии позволит обеспечить дальнейший рост интеграции функций на одном кристалле полупроводникового материала — от «микросистемы на кристалле» для простых систем управления — до «суперсистемы на пластине» для сложных.

Важна проблема регулирования номенклатуры разрабатываемых МПБИС. Выпускаемые МПБИС должны обеспечивать возможность построения разнообразных систем управления с оптимальной архитектурой на основе минимального числа изделий. Это означает, что номенклатура БИС должна соответствовать требованиям универсальности применительно к передовой концепции построения архитектуры систем управления. Что касается минимизации числа БИС в системе, то обычно этот фактор связывают лишь с ростом степени интеграции. Однако в действительности не меньшее значение имеет оптимизация архитектуры самих БИС универсального назначения в соответствии с оптимальной архитектурой систем управления. Недооценка этого положения приводит к значительному увеличению схем сопряжения БИС и, как следствие, к снижению средней степени интеграции ИС в системе по сравнению с МПБИС или БИС электронной памяти. Следовательно, определение технического уровня БИС только на основании достигнутого в ней уровня интеграции является формальным и не отражает истинной картины, а важнейшие вопросы оптимизации номенклатуры БИС должны решаться применительно к оптимальной архитектуре систем управления.

Если условно классифицировать системы в соответствии с уровнями управления на системы верхнего, среднего и нижнего уровней сложности, то можно определенно сказать, что для первых необходимы высокопроизводительные МП с развитым программным обеспечением, для последних — однокристальные микроЭВМ. Для систем средней сложности могут использоваться любые МП, выбранные в соответствии с трудностью решаемой задачи. Так, если для управления простейшим печатающим устройством достаточно 4-разрядной микроЭВМ, то для управления быстродействующей печатью могут использоваться 16-разрядные МП и т. п. Таким образом, допустимость и целесообразность наращивания номенклатуры микропроцессоров зависит от уровня в иерархии управления: чем выше уровень, тем более жестко должна быть ограничена номенклатура микропроцессоров при условии сохранения их программной совместимости. На нижнем уровне число типов микропроцессоров (однокристальных микроЭВМ) может быть увеличено в соответствии с разнообразием объектов управления этого уровня для обеспечения минимальной стоимости автоматизации управления (табл. 2).

Уровни управления и требования к номенклатуре МП

Уровень управления	Специфика уровня	Важнейшие критерии оптимальности применения	Основные требования к МП	Требования к номенклатуре
Верхний	Разнообразие и сложность системных задач, большой объем прикладных программ	Стоимость разработки и надежность прикладных программ	Развитое программное обеспечение. Высокая производительность	Жесткое ограничение. Программная совместимость поколений
Средний	Сопряжение уровней управления. Типовые задачи	Стоимость программно-аппаратных средств сопряжения уровней	Простота средств сопряжения уровней. Универсальность	Умеренное разнообразие по (производительности и стоимости). Желательна программная преемственность поколений
Нижний	Большое количество и разнообразие объектов управления. Удаленность от верхних уровней управления	Стоимость и надежность аппаратных средств. Простота каналов связи	Интеграция функций («система на кристалле»)	Разнообразие, соответствующее разнообразию объектов

### Микропроцессорные средства вычислительной техники

Микропроцессорные средства вычислительной техники (МСВТ) — это электронные устройства вычислительной техники и систем управления, как правило, встраиваемые в аппаратуру объекта, выполняемые на основе микроэлектронной технологии в виде одной или нескольких БИС, СБИС или других изделий электронной и вычислительной техники, установленных на плате.

МСВТ, возникшие на стыке микроэлектроники, вычислительной техники и систем автоматического управления, обладают уникальной совокупностью технических и экономических характеристик, обеспечивающей им необычайно широкую область применения, распространяющуюся практически на все области науки, техники, экономики, культурной жизни, быта.

Специфика МСВТ определяет их место среди изделий электронной и вычислительной техники, замыкая в непрерывный ряд изделия от простейшего дискретного радиоэлемента до сложнейшей радиоэлектронной (например, вычислительной) системы. МСВТ включают:

- комплекты МПБИС;
- БИС электронной памяти и связи с ВУ;
- однокристалльные, одноплатные и многоплатные микро- и микро-мини-ЭВМ;

- однокристалльные и одноплатные модули оперативных, постоянных программируемых и перепрограммируемых ЗУ;

- однокристалльные и одноплатные микроконтроллеры для подключения различных периферийных устройств;

- однокристалльные и одноплатные устройства связи с объектами;

- однокристалльные и многоплатные модули передачи данных для сопряжения со стандартными каналами передачи данных;

- однокристалльные, одноплатные и многоплатные специализированные управляющие вычислительные системы для локальной автоматизации машин и оборудования и ряд других групп модулей, необходимых для построения микропроцессорных управляющих устройств.

В состав МСВТ входят также периферийные устройства, соответствующие по своим технико-экономическим характеристикам микропроцессорной технике:

- внешние запоминающие устройства на магнитных дисках, магнитных лентах, цилиндрических магнитных доменах;

- полупроводниковая, голографическая, электронно-лучевая память;

- алфавитно-цифровые и графические дисплеи;

- устройства ввода-вывода информации (клавиатуры, печатающие устройства, кодировщики информации, графопостроители и т. п.).

МСВТ характеризуются интегральной технологией изготовления базовых средств, высокой серийноспособностью, широкими функциональными возможностями, низкой энерго- и материалоемкостью, высокой надежностью, малыми габаритами и стоимостью.

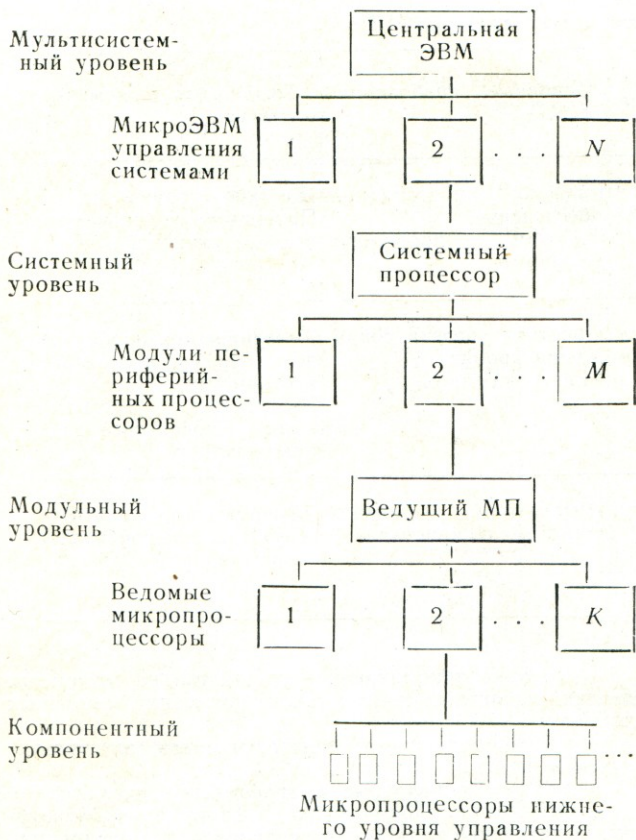
Благодаря своим уникальным особенностям МСВТ могут использоваться для встраивания в аппаратуру разнообразных управляемых объектов, т. е. могут обрабатывать информацию непосредственно в месте ее возникновения. Этим они в корне отличаются от традиционных средств вычислительной техники.

### Организация децентрализованных систем управления на основе МПБИС

Использование МПБИС позволило реализовать принцип децентрализации при разработке микропроцессорных систем управления.

Децентрализованные системы обладают высокой гибкостью, обеспечивают возможность программной переналадки на решение широкого круга задач, простоту модификации и развития, в том числе независимое развитие всех составных частей, включая модули программного обеспечения. Применение принципа децентрализации позволяет значительно упростить, снизить стоимость и повысить надежность каналов связи в системе. Такие системы можно проектировать, пользуясь ограниченной номенклатурой универсальных МПБИС, тогда как централизованные системы строятся в значительной степени на не поддающейся унификации жесткой логике, т. е. на ИС малой и средней степени интеграции, либо на заказных БИС.

Децентрализованные системы управления в отличие от централизованных могут применяться на всех уровнях управления для всех технических средств, входя-



Уровни микропроцессорного управления в децентрализованных системах

щих в системы — от датчиков до крупных подсистем (см. рисунок).

На *мультисистемном* уровне осуществляется управление сложными объектами: завод, цех ГАП (в частности, новое поколение пассажирских самолетов будет управляться более чем ста микропроцессорными системами).

На *системном* уровне — станком, машиной и т. д. Высокопроизводительный системный процессор этого уровня связан с процессорами для параллельного и последовательного ввода-вывода цифровой информации, преобразования аналоговой информации, управления устройствами памяти, с контроллерами периферийных устройств и т. п.

На *модульном* уровне обеспечивается такое построение системы, при котором ведущий (в пределах данной подсистемы) МП работает с несколькими ведомыми МП, разгружающими ведущий от выполнения «рутинных» операций.

На *компонентном* уровне с помощью дешевых, 4-, 8-разрядных однокристальных микроЭВМ реализуется управление датчиком, двигателем, сервоприводом и т. д.

При создании иерархических многопроцессорных систем существенное значение имеет разработка вопросов аппаратно-программной унификации МСВТ. Основная задача унификации — обеспечение возможности построения различных прикладных систем на базе МСВТ методом комплексирования, т. е. соединения унифицированных функционально-конструктивных модулей, которые должны разрабатываться с учетом следующих требований совместимости:

— программных — программное обеспечение СМ ЭВМ (СМ3, СМ4 и др.);

— интерфейсных — межмодульный магистральный параллельный интерфейс для микроЭВМ и общая шина для микро-мини-ЭВМ;

— конструктивных, предусматривающих соответствие модулей ГОСТ 26.202—80 и ГОСТ 26.204—83 [4, 5].

В иерархической многопроцессорной системе важно обеспечить сопряжение всех уровней управления (разнообразных каналов связи), в том числе взаимное сопряжение различных типов микропроцессоров. Чем ниже уровень управления, тем проще и дешевле должны быть все каналы связи — от двухпроводной линии до многопроводных шин. В современных системах блоки сопряжения шин, как и другие узлы, должны выполняться в виде универсальных или специализированных БИС. В данном случае использование последних более целесообразно, так как число типов каналов ограничено и нет необходимости добиваться гибкости, свойственной микропроцессорным устройствам. В то же время применение специализированных БИС сокращает расходы на проектирование систем, повышает их быстроту действия. Но необходимым условием для этого является стандартизация каналов связи на всех уровнях управления. Эта задача, включающая унификацию номенклатуры МПБИС для различных уровней иерархии управления, структуры каналов связи между уровнями и протоколов обмена стала общегосударственной ввиду общности принципов построения всех систем. Создание устройств сопряжения уровней управления может проходить в два этапа: сначала на основе БИС универсальных вентиляционных матриц (УВМ), что позволит быстро создать необходимую номенклатуру, а затем специализированных БИС с оптимальной архитектурой при обеспечении достаточной потребности.

Однако пока стандартизация каналов связи отсутствует, проблема должна решаться с помощью универсальных МПБИС, а значит можно считать обоснованной следующую временную приоритетность разработки: I этап — универсальные микропроцессоры; II — контроллеры сопряжения на основе УВМ; III — специализированные контроллеры сопряжения.

## Отладочные средства микропроцессорной техники

Одной из узловых проблем разработки и применения микропроцессорных систем необходимо считать проблему их программирования. Программирование требует создания средств отладки программ, разработки программ отладки самих отладочных средств и, наконец, создания прикладных программ, реализующих конкретные алгоритмы работы объекта.

Для каждого типа микропроцессора требуются свои отладочные программы, в то время как аппаратные средства могут оставаться стандартными, за исключением небольшой индивидуальной части — схемных эмуляторов. Степень сложности и производительности этих программ и отладочных средств должна определяться на основе анализа проектируемых прикладных программ: более простые рассчитаны на объекты, выпускаемые массовым тиражом с однотипной программой (например, телевизоры, стиральные машины, автомобильные системы и т. п.), а высокопроизводительные, специализированные, на основе проблемно-ориентированных языков программирования — на устройства с индивидуальной или часто изменяемой программой (например, станки с числовым программным управлением).

Отладочные средства должны создаваться на основе серийно выпускаемых в стране технических средств, в первую очередь, на основе ЭВМ, совместимых по системе команд, программному обеспечению и интерфейсу с СМ ЭВМ. Кроме ЭВМ, для создания отладочных средств необходим набор периферийных устройств, проблема выпуска которых с началом массового применения микропроцессоров крайне обострилась и требует



неотложных действенных мер со стороны отраслей, ответственных за выпуск этих изделий точной механики.

Специальные технические средства, необходимые для отладки аппаратной части микропроцессорных устройств управления при разработке и эксплуатации—логические анализаторы, автоматические тестеры для испытаний и диагностки должны быть созданы также на основе микропроцессоров с расширенными функциональными возможностями, иначе контроль испытаний и диагностика будут оставаться узким местом при производстве микропроцессорных устройств.

Типовая система отладки представляет собой сочетание аппаратных и программных средств, в значительной степени отличающихся для каждого типа микропроцессора. По существу это достаточно мощная вычислительная система с развитой периферией (дисплей, НГМД, печатающее устройство) и программным обеспечением. В состав системы может входить набор сравнительно простых микроЭВМ (отладочных модулей) на основе отлаживаемых микропроцессоров, конструкция которых в значительной степени унифицирована: универсальная микро- или мини-ЭВМ, набор отладочных программ для каждого типа микропроцессора и программатор для записи отлаживаемой программы в ППЗУ.

Такая архитектура позволяет значительно уменьшить объем вновь создаваемого оборудования в отличие от специализированных систем, широко распространенных за рубежом и разрабатываемых до сих пор в отечественной практике и обеспечить несколько вариантов работы:

— без универсальной микро- или мини-ЭВМ — для программирования простых устройств с небольшим объемом программ;

— с использованием только универсальной микро- или мини-ЭВМ и создаваемых специализированных программ отладки — для разработки и отладки сложных систем до степени готовности 70—80%;

— в полном комплекте — для высокопроизводительной разработки и отладки сложных программ в полном объеме.

Основную сложность при создании универсальной отладочной системы в рассматриваемом варианте представляет разработка программного обеспечения, объем которого составляет от 50 до 100 Кбайт для каждого типа микропроцессора. Трудоемкость такой разработки составляет 5—10 человеко-лет [6].

Особое место среди средств отладки занимают системы подготовки программ (СПП) для станков-автоматов, автоматизированных технологических участков, складов и т. п. Специфика СПП состоит в том, что изменение программ (переналадка оборудования) должно производиться не программистом, а инженером-технологом или непосредственно оператором, причем в короткое время. Для этих задач используются специализированные языки программирования высокого уровня, ориентированные на промышленные применения.

## Применение микропроцессорных систем управления

Высокая эффективность применения микропроцессорных систем управления выдвигает задачу их разработки и использования в первоочередные задачи развития народного хозяйства страны.

Микропроцессорные системы управления могут уступать в быстродействии управлению на основе жесткой логики, но гибкость управления является их огромным преимуществом. Если с изменением задачи управления в системе с жесткой логикой необходимо менять систему связей логических элементов, то в микропроцессорных системах перестройка осуществляется программными средствами.

Еще одним достоинством микропроцессорных систем управления является возможность тиражирования программного обеспечения, что в свою очередь служит источником экономии трудовых затрат. К немаловажным преимуществам применения микропроцессоров и микроЭВМ относится экономия технических средств. Специалисты считают, что один регулятор на основе микропроцессора заменяет шесть аналоговых регуляторов и большее число релейных элементов. Например, контроллер «Ремиконт Р-100», использующий микроЭВМ на основе микропроцессорного комплекта КР580, при непрерывном регулировании по 16 контурам заменяет релейную схему, содержащую порядка 1000 реле. Считается, что микроЭВМ заменяет 200—1200 стандартных логических ИС.

В машиностроении микропроцессоры находят применение для управления станками и производственными линиями, сварочными автоматами и транспортировочными механизмами, манипуляторами, в системах контроля и диагностики и т. д. [7].

Микропроцессорная техника является основой широкого внедрения станков с числовым программным управлением, промышленных роботов, призванных устранить нехватку рабочей силы, повысить точность обработки и производительность.

МикроЭВМ «Электроника НЦ80-31» на основе микропроцессорного комплекта К1801 позволит создавать роботизированные цехи и участки, в несколько раз повысить производительность труда в металлообработке.

Особенно значительный экономический эффект от применения станков с ЧПУ достигается в мелкосерийном производстве, а также в тех отраслях, где они являются единственным видом оборудования, на котором можно изготовить детали высокой сложности. Установка ЧПУ на базе микроЭВМ «Электроника 60» на зубофрезерный станок МА 70Ф4 позволяет только на перестройке станка сократить время производственного цикла в 4—5 раз, а дополнительное оборудование станка промышленным роботом «Электроника-26» освобождает оператора от ручной подачи деталей и дает возможность одному оператору обслуживать пять станков в смену.

Станки с ЧПУ и роботы являются основными средствами создания гибких автоматизированных производств (ГАП), обеспечивающих большой экономический эффект. ГАП успешно решают задачу автоматизации вспомогательных операций в условиях мелкосерийного производства, оптимизируя циркулирование инструмента, заготовок и деталей внутри системы. Здесь неограничиваемую роль может сыграть потенциальная гибкость промышленных роботов, которая пока используется не в полной мере.

Исследования показали, что в настоящее время для гибких автоматизированных производств ЧПУ играют пока более важную роль, чем роботы. Можно выделить три уровня автоматизации станка:

— станок с ЧПУ+робот — автоматизируется только смена обрабатываемых деталей;

— станок с ЧПУ+робот+устройство активного контроля размеров. Автоматизация на этом уровне используется наиболее широко, позволяя оператору обслуживать несколько станков одновременно, без остановки во время обеденного перерыва;

— станок с ЧПУ+робот+система автоматической диагностики с самовозвратом в исходное положение. На этом уровне автоматизации можно осуществлять непрерывную 12-часовую обработку заготовок без участия оператора.

Для управления промышленными роботами перспективными являются распределенные микропроцессорные системы. Программирование действий робота часто осуществляется путем обучения. В обучаемых роботах используются обычно 8-разрядные КМОП микропроцессоры, наименее чувствительные к промышленному шуму.

Усовершенствование систем управления станками дает возможность экономить энергетические ресурсы. Известно, что для металлорежущих станков важнейшую роль играет электропривод. Быстрое развитие микроэлектроники и создаваемые ею новые возможности привели к пересмотру традиционных схем электропривода, особенно электропривода на переменном токе. Применение МП, оснащенных соответствующим программным обеспечением, позволило реализовать более гибкие режимы работы электропривода и осуществить функции управления, недостижимые для прежних схем. МП позволяют оптимально приспособлять электропривод к изменяющимся условиям нагрузки, регулировать скорость вращения двигателей в широком диапазоне и по заданному закону. Микропроцессорное управление электродвигателем, кроме управления скоростью, программирования режима работы, позволяет ограничить величину пусковых токов в пределах 115% от номинальных. Если учесть, что обычно пусковые токи достигают 600% от номинальных и механическая прочность электродвигателей рассчитывается из таких экстремальных режимов, то микропроцессорное управление позволяет резко улучшить использование меди и конструкционных материалов электродвигателей.

Использование микропроцессоров в текстильной промышленности для управления жаккардовыми станками обеспечивает сокращение времени перехода перепрограммирования на новый рисунок на 10—30%.

В химической промышленности микропроцессорное управление приводами компрессоров, насосов, смесителей и т. п. позволит получить значительный экономический эффект.

Ведутся серьезные работы по применению микропроцессоров и микроЭВМ в области автомобильного транспорта и сельскохозяйственной технике, что позволяет сократить расход топлива на 5—10% и снизить токсичность выхлопных газов в 1,5—1,7 раза. Созданы образцы медицинских приборов на основе микропроцессоров для палат интенсивной терапии, диагностики сложных аритмий сердца и т. д.

Микропроцессорные системы управления освещением подъездов и лестничных клеток в зданиях, введенные в строй только за одну пятилетку, позволяют экономить свыше миллиарда киловатт часов электроэнергии.

Микропроцессоры, встроенные в электробытовые устройства, не только расширяют их функциональные возможности, повышают качество изделий, но и обеспечивают значительную экономию электроэнергии.

### Причины, сдерживающие применение микропроцессоров

Успех в решении задачи массового применения микропроцессоров определяется и будет определяться тем, в какой степени удастся привлечь к ней потребителей. Программирование микропроцессорных систем управления требует глубокого знания объекта управления и многократной натурной отработки программ в процессе их создания. Совершенно ясно, что несравненно проще обучить специалистов из различных сфер деятельности одной новой дисциплине — программированию, чем программистам овладеть многими другими специальностями. Понимание этого факта должно опреде-

лять техническую политику отраслей народного хозяйства при решении задачи широкого внедрения микропроцессорных средств.

Обязательным условием автоматизации машин, приборов, оборудования и технологических процессов является их оснащение датчиками, исполнительными устройствами и механизмами, совместимыми с микропроцессорами. Совместимость означает не только возможность непосредственного электрического и конструктивного сопряжения с объектом), но и взаимное соответствие по точности, быстродействию, долговечности. Это требование фактически означает, что внедрение микропроцессоров возможно только при условии создания нового поколения машин, приборов и оборудования, по крайней мере в части электроавтоматики. В настоящее время разработкой и изготовлением датчиков и других элементов электроавтоматики занимаются многие отрасли промышленности, без необходимой координации. Поэтому отсутствует унификация, конструктивная и электрическая совместимость. Необходима разработка единой целевой межотраслевой программы создания датчиков для микропроцессорных систем управления. Особое внимание нужно обратить на создание «интеллектуальных» датчиков, осуществляющих предварительную обработку информации на основе микропроцессоров. Аналогичная программа должна быть создана и по универсальным исполнительным устройствам.

Вопрос подготовки инженерно-технических и других кадров, способных обеспечить создание и эксплуатацию микропроцессорных систем управления успешно решается: во многих ВУЗах введены соответствующие курсы как для студентов, так и для дипломированных специалистов. В дальнейшем необходимо вести подготовку кадров не только по применению микропроцессоров (узких специалистов), но и создавать условия для обучения специалистов, связанных с проектированием машин, приборов и оборудования во всех отраслях народного хозяйства. Более того, крайне желательно, чтобы основами знаний по применению МП владели не только специалисты с высшим образованием, но и школьники, учащиеся ПТУ, студенты. Нужно, чтобы микропроцессорная техника вошла в быт людей, чтобы они ежедневно имели с ней дело, привыкли к ней.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электронная промышленность, 1978, вып. 5, с. 3—6.
2. Микропроцессорные комплекты интегральных схем. Справочник. — М.: Радио и связь, 1982.
3. Microprocessors the first twelve years, — Proceedings of the IEEE, vol. 71, N 11, November, 1983.
4. ГОСТ 26.202—80 «ЕССП. Средства измерения и автоматизации. Панели и стойки. Основные размеры».
5. ГОСТ 26.204—83 «ЕССП. Средства измерения и автоматизации. Типовые несущие конструкции. Типы и основные размеры».
6. Липаев В. В. Качество программного обеспечения. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 263 с.
7. Радиотехника, 1983, № 1.

Статья поступила 12 марта 1984 г.

В. А. Шахнов

## РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКТОВ БИС

Анализ возможностей микропроцессоров и микропроцессорных комплектов позволил определить области применения микропроцессоров, где их использование технически и экономически оправдано.

Более чем десятилетняя история развития микропроцессорной техники полностью подтвердила предполагавшееся революционизирующее влияние микропроцессоров практически на все сферы человеческой деятельности. Это влияние оказалось существенным в равной степени и на потребителей, и на изготовителей микропроцессорных больших интегральных схем (МП БИС). В конце 60-х — начале 70-х годов фирмы и предприятия, достигшие успеха в создании высокоинтегрированных микросхем с регулярной структурой, попытались создать функционально сложные БИС, механически деля электрическую схему ЭВМ на отдельные части, в принципе реализуемые по степени интеграции в виде одной БИС. Этот путь оказался ошибочным, так как в одной ЭВМ практически не было идентичных частей, а число выводов каждой части исчислялось десятками и даже сотнями.

Альтернатива такому пути — разделение схемы ЭВМ «по горизонтали» или «по вертикали» на отдельные узлы, блоки, устройства, которые по числу элементов и количеству входов-выходов могут быть «вмонтированы» в кристалл интегральной схемы (ИС).

При горизонтальном разделении схема ЭВМ представляется в виде совокупности  $n$  одинаковых слоев (Slice), включающих отдельные равнозначные фрагменты всех входящих в ее структуру устройств и ведущих обработку части (2, 4, 8) из всех разрядов операндов. Электрически слои объединяются специальными связями или схемами. По типу устройств управления такие ЭВМ относятся, как правило, к ЭВМ с микропрограммным управлением (набор команд может быть определен произвольно).

При вертикальном разделении схема ЭВМ делится на функционально законченные блоки, устройства, например, операционный блок, блок управления, блоки ОЗУ, ПЗУ и т. д., которые могут быть реализованы в виде ИС.

По типу устройства управления такие ЭВМ относятся, как правило, к ЭВМ с аппаратной реализацией сигналов управления (с жесткой логикой, с хранящейся в памяти неизменяемой системой команд).

Горизонтальное и вертикальное разделение схемы ЭВМ породили два типа архитектуры микропроцессоров (МП): секционированные с наращиванием разрядности и микропрограммным управлением и однокристалльные с фиксированной разрядностью и системой команд.

**Секционированный микропроцессор** обладает способностью к наращиванию параметров (прежде всего разрядности обрабатываемых данных) и функциональных возможностей. Секционированный МП образован несколькими БИС, каждая из которых представляет собой функциональную часть процессора ЭВМ. Каждая из БИС секционированного МП способна объединяться с такими же или смежными БИС, образуя при этом различные функциональные устройства ЭВМ. К секционированному МП обычно подключается БИС ПЗУ с хранящимися в ней микрокомандами. Процессорная секция этого типа МП включает (рис. 1): арифметическо-логическую секцию (АЛС), блок регистров, входные мультиплексоры, выходные регистр адреса и регистр-аккумулятор, дешифратор микрокоманд, входные (Вх. Ш) и выходные

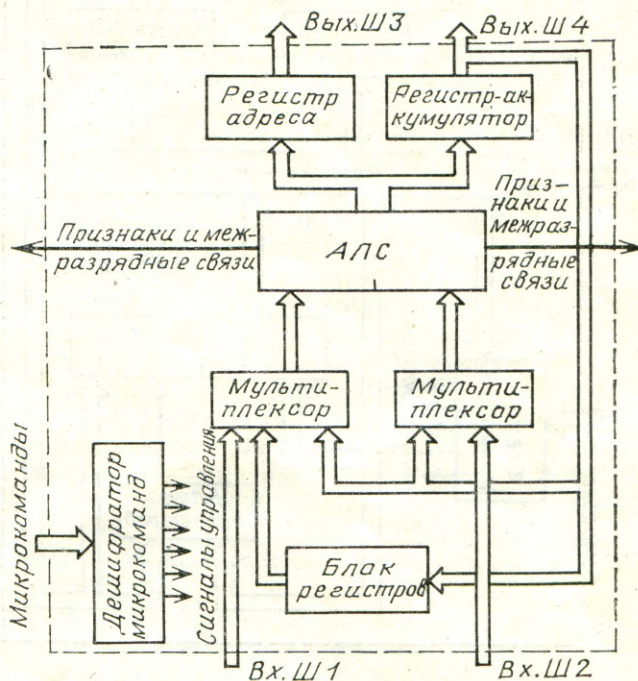


Рис. 1. Структурная схема микропроцессорной секции с наращиванием разрядности обрабатываемых данных

(Вых. Ш) шины. Работой микропроцессорной секции управляют сигналы дешифратора микрокоманд. Каждая микрокоманда подается после исполнения предыдущей. Исходные данные поступают по Вх. Ш 1 (из оперативно-запоминающего устройства) или по Вх. Ш 2 (из устройства ввода-вывода информации) через мультиплексоры в АЛС. Результат выполненной операции через регистр-аккумулятор поступает на Вых. Ш 4 (по адресу, формируемому в выходном регистре адреса), а также на блок регистров для временного хранения и на мультиплексоры для использования на следующих этапах расчета. Связь с другими секциями осуществляется через линии признаков и межразрядных связей.

**Микропроцессор с фиксированными разрядностью и набором команд конструктивно выполняется в виде одной интегральной схемы и представляет собой процессор ЭВМ.** Все выполняемые таким МП операции определяются хранящимися в нем командами. В состав этого типа микропроцессора входят (рис. 2): арифметическо-логическое устройство (АЛУ), выходной регистр адреса, регистр аккумулятора, блок регистров, регистр признаков, схема управления, шины входная (Вх. Ш 1), выходная (Вых. Ш 2) и управле-

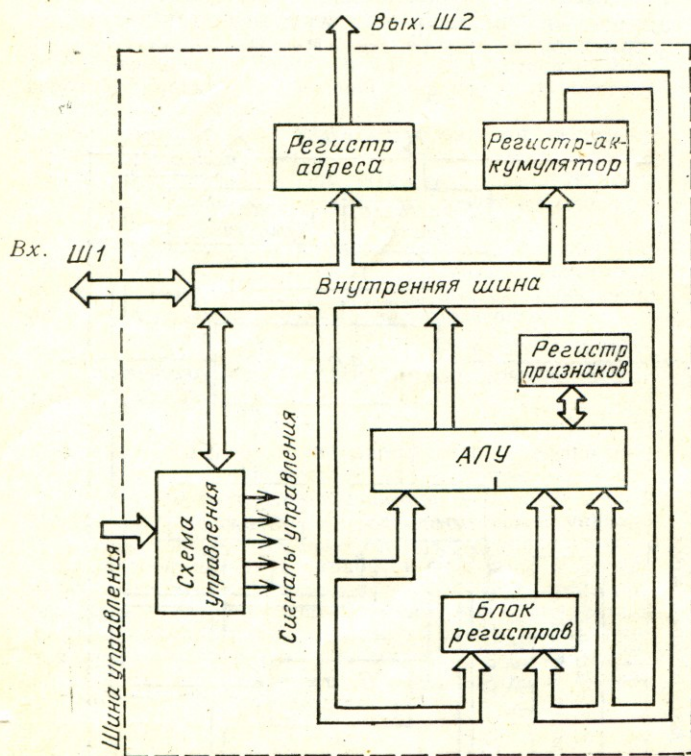


Рис. 2. Структурная схема однокристалльного микропроцессора с фиксированной разрядностью обрабатываемых данных

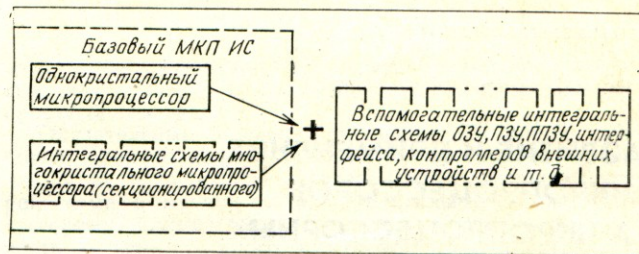


Рис. 3. Состав микропроцессорного комплекта интегральных схем

ния. Особенность однокристалльного МП — наличие внутренней шины, по которой происходит обмен информацией между всеми функциональными устройствами МП.

С целью расширения возможностей как секционного, так и однокристалльного микропроцессора к ним подключают дополнительные схемы, выполняющие те или иные функции, которые вместе с микропроцессорными образуют микропроцессорный комплект интегральных схем (МКП ИС).

МКП ИС — совокупность конструктивно и электрически совместимых ИС, предназначенных для построения микропроцессора, микроЭВМ и др. вычислительных устройств с определенным составом и требуемыми техническими характеристиками. Основу МКП ИС составляет базовый комплект ИС одной серии, из соответствующего набора которых может быть построен микропроцессор. Базовый МКП ИС может состоять из микросхемы однокристалльного микропроцессора с фиксированной разрядностью и набором команд или комплекта ИС многокристалльного секционированного микропроцессора (рис. 3). Для расширения функциональных возможностей микропроцессора базовый МКП ИС дополняется другими типами ИС: ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ, интерфейсных, контроллеров внешних устройств и т. д. Эти ИС могут иметь то же обозначение, что и базовый МКП ИС, или другой номер серии или даже иной тип корпуса. Микросхемы МКП в количествах, необходимых и достаточных для построения конкретного типа вычислительного устройства, образуют микропроцессорный набор интегральных схем.

Успехи микроэлектроники в повышении степени интеграции микросхем позволили создать в одном кристалле третью архитектурную разновидность микропроцессорных БИС: однокристалльную микроЭВМ. Операционный блок, ОЗУ, ПЗУ, устройство управления и другие функциональные части этого типа микроЭВМ выполнены в одном кристалле полупроводникового материала размером до

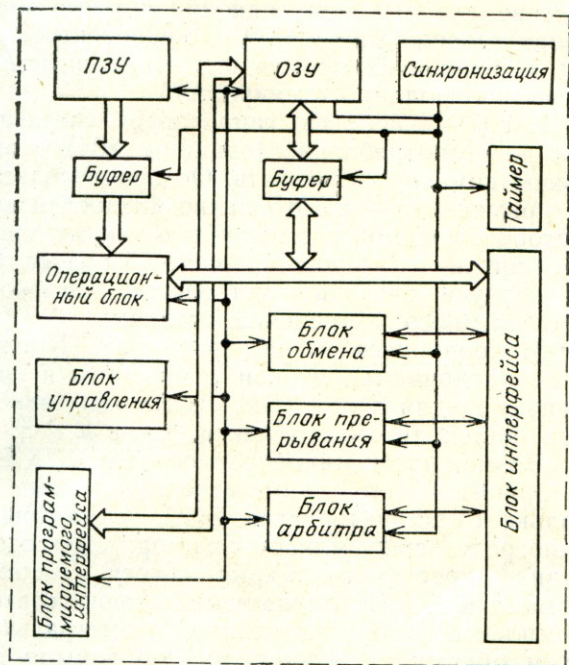


Рис. 4. Структурная схема однокристалльной микроЭВМ

6×6 мм (рис. 4 и 5). Степень интеграции кристалла, реализующего функции микроЭВМ, в зависимости от ее разновидности, числа выполняемых команд, емкости ОЗУ и ПЗУ и т. д., может достигать 500 тыс. элементов и выше. Программа или набор команд, выпол-

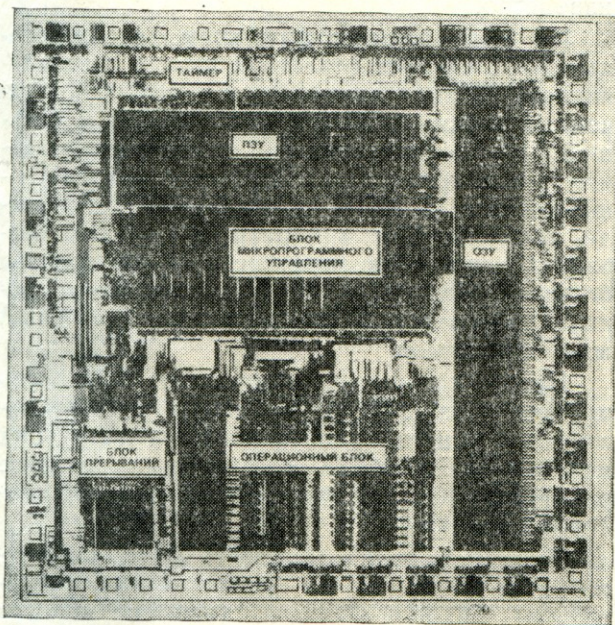


Рис. 5. Топология кристалла однокристалльной микроЭВМ

няемые однокристалльной микроЭВМ, как правило, постоянны и хранятся в собственном ПЗУ.

Микропроцессор как интегральная схема характеризуется типом корпуса, числом выводов корпуса, видом технологии изготовления, степенью интеграции, помехоустойчивостью, числом источников питания, их номиналами и допусками на номиналы, потребляемой мощностью, нагрузочной способностью активных выходов, коэффициентом объединения по входам, техническим ресурсом, устойчивостью к механическим, климатическим и радиационным воздействиям.

Микропроцессор как вычислительное устройство характеризуется разрядностью обрабатываемых данных и выполняемых команд, способностью к наращиванию разрядности, тактовой частотой, числом команд (микрокоманд), внутренних регистров, уровней прерывания, возможностью режима прерывания, типом интерфейса, способностью к обработке десятичных кодов, объемом адресуемой памяти, прямым доступом к памяти, наличем и объемом стека, типом, числом входных и выходных шин и их разрядностью, объемом программного обеспечения.

Микропроцессоры могут быть классифицированы по ряду признаков, отражающих их двойственную природу. МП, применяемый в вычислительной технике и цифровой автоматике, называется *универсальным*, а МП, предназначенный для построения одного типа вычислительных машин, — *специализированным* (например, БИС микрокалькулятора). По разрядности обрабатываемых данных МП могут быть 2-, 4-, 8-, 12-, 16-, 24-, 32-разрядными. По способу управления их можно разделить на МП со схемным и МП с микропрограммным управлением. Первые более быстродействующие, однако их программное «поведение» однозначно определяется хранящимися в них командами и электрической схемой. Вторые при сравнительно меньшем быстродействии функционируют в зависимости от последовательности микрокоманд, устанавливаемой оператором. МП со схемным управлением электрически более сложен вследствие желания «заложить» в него как можно больше команд и выполняется, как правило, по униполярным технологиям, благодаря их большему возможностям по степени интеграции.

Микропроцессоры выпускаются по микроэлектронным технологиям всех видов (табл. 1), что позволяет потребителю оптимизировать свой выбор при построении средств автоматизации.

ЭСЛ-технология определяет самое высокое быстродействие созданных на ее основе БИС,

Таблица 1

## Основные параметры микропроцессоров и микропроцессорных комплектов БИС

Обозначение серии	Технология	Число БИС в комплекте	Разрядность	Тип архитектуры микропроцессора
K145	<i>p</i> -МДП	75	4	Однокристалльный
K536	КМДП	14	8	Секционированный
KP587	<i>p</i> -МДП	4	4 <i>n</i>	»
KP588	КМДП	5	16	Однокристалльный
KP580	<i>n</i> -МДП	8	8	»
K586	<i>n</i> -МДП	3	16	»
K581	<i>n</i> -МДП	6	16	»
K1801	<i>n</i> -МДП	3	16	»
K1810	<i>n</i> -МДП	8	16	»
K589	ТТЛШ	7	2 <i>n</i>	Секционированный
K1802	ТТЛШ	6	8 <i>n</i>	»
K1804	ТТЛШ	9	4 <i>n</i>	»
K584	И <sup>2</sup> Л	4	4 <i>n</i>	»
K583	И <sup>2</sup> Л	7	8 <i>n</i>	»
K1800	ЭСЛ	8	4 <i>n</i>	»

Примечание: индексом *n* обозначена возможность наращивания разрядности обрабатываемых данных.

но отличается самой низкой плотностью компоновки и высокой потребляемой мощностью. На основе этой технологии построен секционированный сверхбыстродействующий микропроцессорный комплект серии K1800.

Секционированные быстродействующие микропроцессорные комплекты, выполненные по ТТЛШ-технологии, также отличаются сравнительно невысокой плотностью компоновки и высокой потребляемой мощностью (все же меньшей, чем у ЭСЛ приборов). Эти комплекты предназначены для построения различных контроллеров, старших моделей микроЭВМ, а также для мини-ЭВМ и вычислительных машин типа ЕС ЭВМ.

Микропроцессоры на основе И<sup>2</sup>Л технологии обладают усредненными характеристиками. По плотности компоновки они уступают *n*-МДП-приборам, по быстродействию — ЭСЛ и ТТЛ, по стоимости — *p*-МДП и *n*-МДП и т. д. Эти микропроцессоры могут быть применены при построении микроконтроллеров и микроЭВМ с высокими, но не критичными к изменению параметров характеристиками.

Технология *n*-МДП обеспечивает самую высокую плотность компоновки и высокое быстродействие, сравнимое с быстродействием ТТЛШ-приборов. Преодолимым недостатком является трудность обеспечения широкого диапазона рабочей температуры окружающей среды. На основе этой технологии выпускаются микропроцессорные комплекты, в

составе которых есть однокристалльные микропроцессоры, микроЭВМ и микроконтроллеры. Основное их применение — встраиваемые микроконтроллеры и микроЭВМ.

КМДП-технология гарантирует сверхнизкое энергопотребление (единицы мВт) и высокую помехоустойчивость. Основные области ее применения — изготовление микросхем для бытовой, носимой аппаратуры с аккумуляторным питанием и промышленное оборудование, в первую очередь — устройства числового программного управления станками.

Микропроцессоры на основе *p*-МДП-технологии отличаются низкой стоимостью и применяются для микроЭВМ и бытовых приборов: калькуляторов, телеигр, часов и т. п.

Возможности микропроцессора и МПК ИС (а значит, и области применения) зависят не только от характеристик БИС, образующих непосредственно микропроцессор: быстродействия, адресуемого объема памяти, системы команд и т. д. Наличие в микропроцессорном комплекте дополнительных интегральных схем обогащает микропроцессор новыми качествами. К таким схемам следует отнести БИС памяти различных типов (ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ, ЭППЗУ, УФППЗУ), контроллеры связи с периферийными устройствами и устройствами стыковки с объектами контроля и управления, специализированные процессоры обработки информации, формирователи мощных сигналов и т. д. Однако по степени сложности некоторые из таких микросхем могут быть приравнены к микропроцессору, что экономически ограничивает их разработку и производство.

По выполняемым функциям дополнительные БИС следует отнести к классу специализированных или заказных, в которых ограниченный набор функций выполняется с большей производительностью, чем в универсальном микропроцессоре. Пример таких БИС — включенные в МПК серии K1802 умножители, выполняющие аппаратным способом операцию умножения двух чисел со значительно большей скоростью, чем это смог бы выполнить программным способом универсальный микропроцессор.

Номенклатура дополнительных БИС очень широка. Большинство их может быть реализовано с использованием базовых матричных кристаллов (БМК), получающих широкое распространение в современной микропроцессорной технике.

Функциональная мощность БМК характеризуется числом ячеек (вентилей или транзисторов), входов-выходов (выводов корпуса БИС), библиотечных элементов, включающих элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ, триггеры различных типов. Так, БМК K1801ВП1 включает в

Области применения микропроцессоров

Область применения	Объект применения	Особенность применения	Требование к МП:			Микропроцессор (серия)										
			разрядность, бит	быстродействие, тыс. операций/с	объем ЗУ кбайт	К145	КР587, К536	КР588	КР580	К581	К1801, К1810, К586	К589	КР1802	КР1804	К583, К584	К1800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Промышленность	Локальные АСУ ТП	Встраиваемость Высокая вычислительная мощность	8; 16	1—100	0,5—8	+	+	+	+	+	+					+
	АСУ ТП верхнего уровня		16; 32	100—2000	4—1 Мбайт							+		+	+	+
	Роботы	Встраиваемость Помехоустойчивость	8; 16	1—500	0,5—64	+	+	+	+	+	+			+	+	
	УЧПУ		16	10—1500	2—24	+	+	+	+	+	+					
	Контроллеры	Встраиваемость	8; 16	1—100	0,5—4	+	+	+	+	+	+					+
	КИП стационарные		8; 16; 32	100—10000	20—1 Мбайт							+	+	+	+	+
Сельское хозяйство	КИП подвижные	Маломощность Высокая вычислительная мощность	8; 16	1—100	1—10	+	+	+	+	+	+					
	АСУП		16; 32	100—2000	64—1 Мбайт							+	+	+	+	+
	Локальные АСУ ТП	Встраиваемость	8; 16	10—100	0,5—8	+	+	+	+	+	+					
	АСУ ТП верхнего уровня		16; 32	100—2000	4—1 Мбайт							+		+	+	+
	АСУП	Высокая вычислительная мощность	16; 32	100—2000	64—1 Мбайт							+	+	+	+	+
	Контроллеры оборудования		8; 16	1—100	0,5—4	+	+	+	+	+	+					
Транспорт	Диагностика неисправностей	Высокая производительность	8; 16	100—1500	4—1 Мбайт						+	+	+	+	+	+
	АСУ движением		16; 32	100—10 <sup>7</sup>	64—1 Мбайт							+	+	+	+	+
	Управление агрегатами	Встраиваемость	8; 16	10—1500	2—24	+	+	+								
	Диагностика неисправностей		8; 16	100—1500	64—1 Мбайт							+	+	+	+	+
Связь	Коммутация каналов	Развитый ввод-вывод	8; 16; 32	100—1000	24—128	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	Управление передачей данных		8; 16	500—2000	56—256							+	+	+	+	+
	Аппаратура передачи данных	8; 16	100—1000	24—56								+	+	+	+	+
Контрольное оборудование	Терминалы	Портативность Большой объем памяти	8; 16	50—500	4—24						+	+	+	+		
	Информационные системы		16; 32	100—1500	до 4 Мбайт							+			+	
	Персональные ЭВМ	Портативность	8; 16	50—500	8—56	+	+	+			+					
Научные исследования, оборудование	Спецпроцессоры	Ориентированность Совместимость	16; 32; 64	до 10 000	до 10 Мбайт							+		+	+	+
	Модульные системы		8; 16	1—500	1—64	+	+	+				+	+	+	+	+
	Контроллеры	Встраиваемость Модульность	8; 16	1—50	0,5—8	+	+	+	+	+	+					
	Измерительные системы		8; 16	1—100	0,5—64							+	+	+	+	
Вычислительная техника	Центральные процессоры	Высокое быстродействие	16; 32; 64	100—10 000	до 10 Мбайт							+		+	+	+
	Периферийные процессоры		16; 32	190—500	до 64	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Контроллеры	Встраиваемость	8; 16	10—500	4—24	+	+	+	+	+	+					
	Терминалы		8; 16; 32	10—250	4—16							+	+	+	+	
Диагностика	Большой объем памяти	8; 16	1—500	до 10 Мбайт	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Медицина	Управление аппаратурой	Встраиваемость	8; 16	10—500	4—56		+	+	+	+	+						
	Портативные приборы	Низкое энергопотребление	8; 16	10—500	4—24		+	+	+		+						
Образование	Обучающие ЭВМ	Развитая периферия	8; 16	10—1000	4—64					+	+						
	Терминалы	Удобство	8; 16	10—500	4—24			+	+	+	+						
Бытовые приборы	Бытовые ЭВМ	Низкая стоимость	4; 8; 16	100—500	8—56		+			+	+						
	Калькуляторы	Низкое энергопотребление	десятичные				+	+		+							
Бытовые приборы	Контроллеры бытовых приборов	Встраиваемость	4; 8	10—100	1—8		+	+	+	+							
	Управление радиотехническими приборами	Встраиваемость	4; 8	10—100	4—8		+			+	+	+					
	Развлекательные системы	Низкая стоимость	4; 8	10—100	1—24		+	+	+	+	+	+					

себя 600 ячеек и стандартных элементов, в том числе 80 усилительных, 40 периферийных и 480 2-, 3-входовых схем И-НЕ, ИЛИ-НЕ и различных типов триггеров. На основе этого типа БМК в микропроцессорном комплекте серии К1801 реализованы БИС управления динамической памятью (К1801ВП1—030), БИС управления последовательным вводом-выводом (К1801ВП1—035), БИС управления параллельным интерфейсом (К1801ВП1—033, 034) и др.

К тенденциям развития микропроцессорной технике следует отнести массовый выпуск и широкое применение простых 4-разрядных микропроцессоров для управления несложной аппаратурой, в основном бытовой техникой; выпуск по КМДП-технологии микропроцессоров, выполненных ранее на других технологических принципах и хорошо зарекомендовавших себя у потребителей; эмуляция в микропроцессорах наиболее популярных архитектур ЭВМ.

Микропроцессоры применяются в бытовой технике и системах управления космическими аппаратами, управлении автомобилем и анализаторах сложнейших быстротекающих процессов и т. д. Специалисты различных стран установили более 100 тыс. возможных применений микропроцессоров. При этом принимались в расчет только те случаи, когда использование МП технически и экономически оправдано. Автором проанализированы некоторые области применения микропроцессоров, приведенных в табл. 1. Результаты анализа сведены в табл. 2.

В ежегодно рождающихся новых типах МП и дополнительных схем используются последние достижения микроэлектроники и вычислительной техники. Это позволяет еще более расширить области применения МП, достичь еще большего эффекта от их применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Березенко А. И., Назарьян А. Р., Карягин Л. Н. и др. Микропроцессорные комплекты повышенного быстродействия. — М.: Радио и связь, 1981. — 168 с.
2. Борисов В. С., Васенков А. А., Малашевич Б. М. и др. Микропроцессорные комплекты интегральных схем. Состав и структура /Под ред. А. А. Васенкова и В. А. Шахнова.—М.: Радио и связь, 1982.— 192 с.

Статья поступила 7 декабря 1983 г.

УДК 681.3:621.3:007.52

А. К. Платонов

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОВ

Наиболее перспективный способ создания системы управления робототехническими комплексами (РТК) — разработка заказных микропроцессорных средств применительно к задаче и требуемой конфигурации РТК.



В истории развития средств автоматизации технологических процессов в машиностроении прослеживаются два пути реализации систем программного управления: использование универсальных средств и создание специализированных систем. Универсальность диктовалась сложностью задачи управления, необходимостью адаптации к разнотипному оборудованию и сокращением сроков разработки. Эволюция программных средств автоматизации технологических процессов привела к созданию специализированной области электроники для автоматизации производства на основе соответствующей элементной базы. Специализация определяется специфическими требованиями к архитектуре, составу и характеристикам элементов систем программного управления промышленных роботов (ПР) и робототехнических систем (РТС). При этом учитываются ограничения стоимости и уровня эксплуатационного обслуживания, а также требования со стороны программного обеспечения.

Эти условия не могут быть удовлетворены без создания заказных и полужаказных микропроцессорных средств для цифро-аналоговой обработки и преобразования измерительных и управляющих сигналов. Выполнение этих условий позволит увеличить надежность оборудования систем управления и сократить сроки их внедрения и переналадки.

В табл. 1 отражена тенденция развития элементной базы системы управления (СУ) — переход ко все более интегрированным и специализированным функциональным блокам с одновременным усложнением функций управления. Ниже будет показано, что это требует разработки специальных средств в рамках системного подхода, объединяющего усилия разработчика РТС, алгоритмов с их программным обеспечением, архитектуры СУ и разработчика элементной базы.

### Системы управления робототехники

Специфика требований к системам управления робототехники возникает в связи с тем, что СУ соединяет механические, электро- и (или) гидромеханические, измерительные, сигнальные (сенсорные) и электронные устройства в единую систему, приспособленную к условиям эксплуатации РТС в различных производствах.

Быстродействие существующих элементов электроники (с тактовой частотой до 100 МГц) недостаточное для цифрового управления в реальном масштабе време-

ни механической системой со многими степенями подвижности (7 и больше). Это не так очевидно ввиду большой разницы характерных времен различных частей конструкции РТС (табл. 2). Быстродействие нужно при большом объеме вычислений, тригонометрических и логических преобразований, при высокой точности вычислений.

Быстродействие СУ зависит от возможной степени параллельности вычислений и допустимых объемов памяти констант. Эти параметры сильно влияют на архитектуру системы управления, что приводит к априорной неочевидности алгоритма управления и неопределенности суммарной задержки управляющего воздействия.

Характерные примеры объемов вычислений при использовании с плавающей запятой процессора микроЭВМ «Электроника-60» для реализованных систем управления контурного типа сварочных ПР приведены в табл. 3 [1, 2]. Исследования показали, что для робота с 7 степенями подвижности и частотой выдачи управляющих сигналов 100 Гц выполнение вычислений в реальном масштабе времени, не должно превышать 6 мс [2]. Таким образом, построение контурной СУ на базе микроЭВМ ограничивает частоту смены кадров управляющей программы робота 30 тактами управления (180 мс). Применение специализированных микропроцессоров позволит снять это ограничение при изменении алгоритма управления.

Точность управления в РТС определяется разрешающей способностью и точностью датчиков информации, разрядностью вычислительных средств, классом точности аналоговых элементов, ошибками преобразования и стабильностью блоков питания.

Допустимый уровень погрешности в РТС чрезвычайно низок. Например, у ПР с вылетом руки 1 м при заданной точности позиционирования в задаче сварки 0,1 мм допустимая суммарная погрешность равна 0,01%, что требует точности работы элементов его системы управления в диапазоне  $\pm 0,001\%$ .

Как правило, все вычисления в системе управления ПР должны вестись с 16- или 32-разрядными двоичными числами, желательно в плавающем формате. Это следует из необходимости вычислять квадраты линейных размеров звеньев робота в единицах дискретности датчиков и из наличия разностей близких величин при определенной конфигурации ПР. Соответственно датчи-

Таблица 1

Типы систем программного управления

Тип управления	Тип системы	Вид носителя памяти; терминалы	Элемент управления	Процесс
Цикловое, Позиционное	NC	Штекеры, упоры, перфокарты; магнитная лента; индикаторы	Реле, переключатели, дискретные элементы, микросхемы малой степени интеграции	Ввод кода, интерполяция, переключение программ
Контурное	CNC	Перфокарты, магнитная лента, гибкий магнитный диск; алфавитный дисплей	Дискретные элементы микросхемы малой степени интеграции, мини-ЭВМ, датчики	То же, контроль инструмента
Адаптивное	CAM	Магнитная лента, гибкий диск; терминал оператора	МикроЭВМ, микропроцессор общего назначения, измерительный элемент	То же установочная адаптация, коррекция управляющих программ
Интегральное	FMS	То же, канал с ЭВМ высшего уровня	То же, заказные микропроцессоры	То же, перестройка, гибкость

Таблица 2

## Характерные времена и частоты элементов конструкции РТС

Элемент РТС	Характеристика	Значение
Механические элементы конструкции	Собственная частота	1—100 Гц
Привод	Электромеханическая постоянная времени	5—250 мс
	Электромагнитная постоянная времени	0,9—1,5 мс
	Частота среза электрогидроусилителя	10—100 Гц
Датчики	Постоянная времени	5 мс
	Время преобразования АЦП	0,025—100 мкс
Система управления	Постоянная времени	100 мс
Элементы микроэлектроники	Задержка	10 нс
	Частота	100 МГц

ки должны иметь не менее 14 двоичных разрядов, а аналоговые элементы — компенсационные и калибровочные цепи коррекции, входные фильтры и оптоэлектронные преобразователи в цепях питания. Использование специализированных и заказных БИС для каждого конкретного типа СУ облегчает достижение нужной точности.

Надежность работы микроэлектронной элементной базы в системах управления ПР имеет особое значение. Сбой или отказ РТС даже в условиях производства, гибкого к отказам, влияет на ход выполнения производственной программы. К тому же условия работы систе-

Таблица 3

Объем вычислений прямой и обратной кинематической задачи в системе управления ПР для дуговой сварки Универсал-15 и ПРЭМ-25

Операция	Количество операций		Время исполнения одной операции, мкс
	Универсал-15	ПРЭМ-25	
Умножение	50	56	90
Деление	8	8	200
Сложение	53	61	48
Вычитание			
arctg x	3	8	3100
sin x, cos x	15	16	4300
Корень квадратный	4	9	1500
Суммарное время перечисленных операций	89 мс	116 мс	
Полное время вычислений	144 мс	175 мс	

мы управления — вибрация, запыленность воздуха, температура, влажность, электромагнитные поля, уровень помех по цепям питания — значительно хуже принятых в вычислительной технике.

Для высокой надежности каждой конкретной РТС следует разрабатывать специальные средства функционального резервирования, защиты от воздействий внешней среды и развигать средства диагностики и самодиагностики элементов оборудования. При этом правомерно требовать, чтобы одиночный отказ не прекращал функционирования, а двойной отказ не нарушал техники безопасности.

Разбивая систему управления ПР на три главные компоненты — механику, электронику и программное обеспечение, можно сформулировать (табл. 4) системные требования к аппаратно-программной надежности работы. Возможность ее реализации должна быть заложена на уровне специализированной для данной РТС элементной базы и предусмотрена при конструировании и механической, и электронной компонент системы.

Другие системные требования связаны с особенностями интерфейса, обеспечивающими возможность переконфигурации и развития. Это касается прежде всего способов соединения элементов и устройств в единую систему.

В современной РТС интерфейс должен обеспечивать: — параллельный и последовательный обмен данными, иногда на удалении в несколько километров (например, в случае загрузки данными подземного робота во взрывобезопасном исполнении из наземной ЭВМ);

— контроль обмена данными (т. е. требуется процессор обмена, а не простой буферный регистр);

Таблица 4

## Требования к взаимодействию подсистем РТС для обеспечения функциональной надежности

Подсистема	Контролируемый параметр	Тип сигнала	Регулируемые подсистемы
1. Механическая конструкция	Положение	Значение	2, 3
	Скорость	Значение	1—3
	Наличие детали	Бинарный	1—3
	Усилие, вибрация	Значение	1—3
	Состояние инструмента	Бинарный	1—3
2. Электротехника и электроника	Наличие питания	Бинарный	2, 3
	Сила тока, напряжение	Значение	2, 3
	Пределы калибровки	Значение	2, 3
	Результат тестирования	Массив	1—3
	Наличие расхода материала	Бинарный	1, 2
3. Программное обеспечение	Температура, дым	Бинарный	2
	Отсутствие заклинивания	Бинарный	2, 3
	Выход из разрядов	Аппаратное прерывание	2
	Выход из допустимой области	Программное прерывание	2, 3
	Результат тестирования	Массив	2, 3
Результат движения	Значение	1—3	

— селективность и мультиплексность обмена в зависимости от терминальных устройств;

— прием и передачу входных и выходных данных аналогового и цифрового вида, иногда большой мощности или частоты;

— прямой доступ к памяти;

— динамически изменяемый приоритет обмена;

— работу в реальном масштабе времени;

— переконфигурацию системы и ее расширение.

Набор требований и их параметры существенно изменяются от системы к системе.

У распространенной в настоящее время шинной (магистральной) логики интерфейса есть, как показал опыт, недостатки: увеличиваются накладные аппаратные расходы на приемо-передающие модули для интерфейсных блоков; снижается быстродействие из-за ограниченной пропускной способности шины; возрастает необходимость в дополнительном оборудовании (удлинители шин) при большом числе взаимодействующих элементов.

В то же время параллельный и последовательный интерфейсы в мультиплексных и селекторных системах обмена данными приводят к разделению времени работы канальных устройств и соответствующему дополнительному программному обеспечению. При использовании многопортовой общей памяти усложняется оборудование запоминающих устройств.

Таким образом, каждая из трех логик интерфейса — разделение шины, процессора и памяти — не имеет очевидного преимущества перед другими, и выбирать логику надо в соответствии с конкретными условиями и ограничениями, разрабатывая архитектуру системы применительно к ее особенностям.

При выборе системного интерфейса устройства управления важно наличие или отсутствие аналоговых сигналов, соответствующих преобразователей, коммутаторов процессоров обработки информации. Большое число аналоговых сигналов (до 35 для манипулятора 7 степенями свободы и позиционными, скоростными и силовыми датчиками) и высокая частота их поступления (до 10 кГц для дальномерных устройств ПР) диктуют необходимость параллельной обработки данных с соответствующими интерфейсом и архитектурой.

Результат работы РТС должен быть детерминирован. Это порождает еще одно системное требование — применение средств преодоления неорганизованности внешней среды РТС и возможных отклонений в работе оборудования РТС. Функциональное назначение «детерминаторов» — преобразовать случайное множество значений фазового вектора состояний РТС в набор сигналов, формирующих множество возможных реакций РТС и ее не случайное, предопределенное целевым назначением, поведение.

Аппаратно-программный («интегральный») способ реализации «детерминаторов» системы — единственно возможный в случае использования аналоговых элементов невысокой точности в составе РТС. Элементная база и программное (в том числе и микропрограммное) обеспечение должны реализовать программируемую фильтрацию данных [3], словарь *ситуация—объект, ситуация—действие* [4] и сложный набор контрольных движений робота, описываемый с помощью многоуровневого графа состояний и условий [5]. Разработка соответствующих элементов может проводиться лишь для конкретных РТС.

Экономические требования к средствам автоматизации производств диктуют необходимость упрощения элементов электроники путем их специализации.

## Схемотехнические решения

В состав устройства управления РТС входят следующие функциональные блоки:

- препроцессоры для приема и обработки данных;
- системы обработки видеосигналов;

— логические преобразователи типа словаря *ситуация—действие*;

— диагностические процессоры;

— процессоры построения движений робота и управления оборудованием;

— постпроцессоры и контроллеры приводов РТС и технологического оборудования;

— команд-аппараты для управления силовыми цепями;

— преобразователи координат;

— функциональные спецпроцессоры;

— диалоговые средства программирования (обучения) и тестирования.

Реализация таких блоков с помощью стандартной элементной базы целесообразна на этапе отработки логической схемы и конструкции РТС.

Минимальный набор микропроцессорных элементов для РТС должен включать: процессор с микропрограммным управлением, память микропрограмм, программируемый гаймер, ОЗУ, ПЗУ (или полупостоянное ЗУ), шинообразующее оборудование, сдвиговые регистры для быстрых буферов, асинхронные и синхронные каналы передачи данных, модемы, программируемый интерфейс, контроллеры терминального оборудования, кодеры, декодеры и генераторы символов. Дополнительно необходимы АЦП, ЦАП, коммутаторы, компараторы и преобразователи аналоговых сигналов, стабилизаторы, усилители и ограничители мощности, а также конструктивы и разъемы для работы в сложных условиях.

Устройства управления РТС на базе микроЭВМ наиболее распространены. Использование серийной микроЭВМ [2] сокращает сроки разработки при заданном уровне универсальности и надежности.

Характерный пример структуры системы управления на основе серийной микроЭВМ «Электроника-60» показан на рис. 1 [2]. Особенностью этого устройства является использование системной шины, связанной через специальный адаптер (дешифратор) с шиной микроЭВМ. Наличие системной шины позволяет расширить конфигурацию системы подключением как элементов с интерфейсом шины «Электроника-60», так и элементов с интерфейсом сопряжения 2К.

Большое число элементов оборудования с протекающими в них процессами обработки данных порождает важную для подобных систем проблему синхронизации этих процессов.

В устройствах управления РТС, выполненных на базе микроЭВМ, проблема синхронизации решается обычно использованием операционных систем. Такой путь обладает наибольшей простотой реализации многоэлементной системы, если память и быстродействие процессора достаточны.

Более эффективный в использовании (но и более трудный в создании) путь — разработка специализированной системы синхронизации вычислительных и управляющих процессоров в РТС. Пример такой системы, реализованной программным способом в микроЭВМ «Электроника-60» с использованием семафоров Дейкстры, приведен на рис. 2 [2]. Операции над семафорами [6] обеспечивают возможность программного и внешнего прерывания процессов и их запуска. Эксплуатация подобной системы в составе устройства управления сварочным роботом показала ее хорошую приспособленность к изменению конфигурации оборудования и характеристик робота.

Устройства управления РТС на базе специализированных микропроцессорных приборов — наиболее перспективный путь развития РТС. Специализация РТС снижает ее стоимость (при сохранении стоимости разработки) и упрощает ее структуру.

Известные в настоящее время микропроцессорные комплекты [7—10] позволяют создать специализированные устройства управления РТС. Однако наиболее перспективный способ — разработка заказных микропроцессорных средств для надежных и компактных типовых

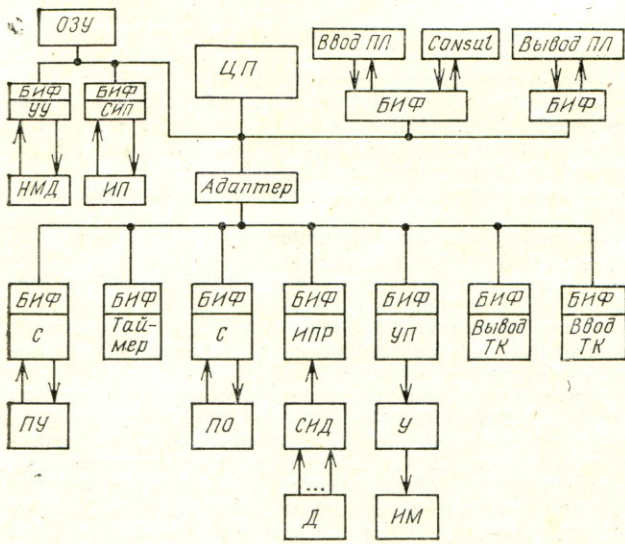


Рис. 1. Структура системы управления роботом для дуговой сварки:

ЦП — центральный процессор, ОЗУ — оперативное запоминающее устройство, БИФ — блок интерфейсный, ПЛ — перфолента, НМД — накопитель на магнитном диске. УУ — устройство управления НМД, СИП — связь с инженерным пультом, ИП — инженерный пульт, С — связь, ПУ — пульт управления, ПО — пульт обучения, ИПР — измерительные преобразователи, УП — управление приводом, ТК — технологическая команда, СИД — сбор информации с датчиков, У — усилители, Д — датчики, ИМ — исполнительный механизм

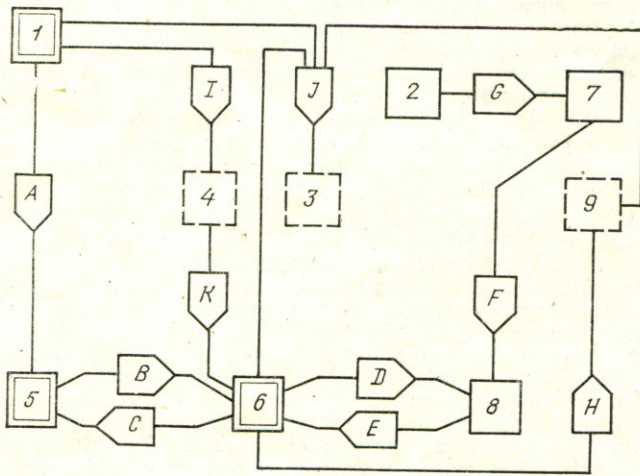


Рис. 2. Схема взаимодействия вычислительных процессов

1 — обработка временных прерываний, 2 — обработка прерываний от контроллера НМД, 3 — останов процесса управления, 4 — запуск процесса управления, 5 — оперативная коррекция плана движения, 6 — расшифровка плана движения, 7 — монитор файловой подсистемы, 8 — управление файлов плана движения, 9 — фиксация границы кадра, А, В, С, D, E, F, G, H, I, K, — семафоры

1, 5, 6 — основные процессы, 3, 4, 9 — второстепенные процессы, 2, 7, 8 — процессы файловой подсистемы

элементов применительно к задаче и требуемой конфигурации РТС.

Схема взаимодействия процессов, (см. рис. 2), может быть реализована с помощью нескольких микропроцессорных элементов, имеющих в своем составе блоки 1—4, 7—9 с соответствующими семафорами и блоки 5 и 6 в одном или двух корпусах. При этом объединение системы прерываний и файловой системы в одном микропроцессорном элементе возможно в связи с малым числом источников внешнего прерывания и специализированными условиями потока данных из внешней памяти в оперативную (покадровое считывание с последующей интерпретацией в блоках 5 и 6).

## Разработка средств создания заказных устройств управления РТС

Характеристики элементной базы РТС должны быть согласованы со всеми уровнями системы управления. Это требует конструирования всей системы и элементов одновременно. Иными словами, системные качества РТС могут быть получены лишь при формировании характеристик элементов в рамках системного подхода.

Как известно, цикл разработки интегральной схемы (БИС) состоит из следующих стадий [11]:

1. Функциональное описание устройства БИС.
2. Логическое описание устройства БИС.
3. Схематехническое описание устройства БИС.
4. Проектирование геометрии отдельных слоев БИС.
5. Контроль электрических и тепловых ограничений.
6. Расчет технологического процесса.
7. Формирование управляющих программ для изготовления шаблонов.
8. Тестирование шаблонов.
9. Изготовление шаблонов.
10. Изготовление БИС.

Задача состоит в том, чтобы дать автору системы управления РТС средства самостоятельной разработки необходимой элементной базы на этапах 1—7 при оказании ему консультативной помощи предприятием-изготовителем микросхем. Для этого нужна специальная диалоговая система автоматизированного проектирования (САПР) заказных БИС. САПР должна содержать формализацию технологических ограничений на этапах 3—6 и практических приемов синтеза микросхем на этапах 7—10, а также средства определения критериев качества, соответствующих принципиальным решениям на каждом из этапов.

Чтобы определить функциональное назначение каждой БИС (этапы 1, 2) в процессе комплексного проектирования РТС надо:

I. Установить состав независимых функциональных блоков РТС, которые можно рассматривать в виде терминалов управляющей ЭВМ.

Например, для шестиногого шагающего робота, одного из наиболее сложных, было выделено 104 терминальных узла [13], группируемых в восемь функциональных блоков.

II. Выделить цифровые и аналоговые потоки информации и определить требования к быстродействию и соответственно числу каналов и преобразователей.

III. Для независимых параллельных процессов в системе управления построить граф их информационных связей, где вершины — процессы в системе управления, а ребра помечаются частотой и типом передач.

Например, для упомянутого макета шестиногого робота было выделено 11 процессов [13] и соответствующий граф содержал 13 ребер, помеченных частотой и объемом передачи информации.

IV. Выделить подграфы: а) с наименьшей взаимной информационной связностью; б) реального масштаба времени; в) фоновые. Отметить силовые, аналоговые и логические каналы обмена сигналами.

может  
процес-  
блоки  
оки 5 и  
днение  
м мик-  
малым  
нализир-  
й памя-  
следую-

V. Задать альтернативные варианты распределения процессов обработки данных по процессорам системы управления, что определит архитектуру системы и тип интерфейса.

VI. Для каждого варианта сформулировать функциональное назначение отдельных элементов и, описав его внешние связи, перейти к этапам 1—6 цикла разработки БИС. После этого можно приступить к оптимизации элементной базы для данной РТС с помощью итераций этапов V—VI с прохождением на каждой итерации этапов 1—6 цикла разработки БИС.

Математическая постановка задачи заключается в следующем: с помощью системы моделирования и решения многокритериальной задачи [12] оптимизировать функционалы, описывающие технологические и эксплуатационные критерии качества БИС и РТС, варьируя параметры РТС и параметры этапов 1—6 конструирования БИС.

Сложность этой задачи — в распределении области варьирования оптимизирующих параметров по всем уровням и подсистемам управления РТС в процессе прохождения этапов I—VI конструирования системы управления в целом и каждой БИС. Преодолеть эту сложность можно, соединив в единую интерактивную систему средства моделирования и проектирования РТС со средствами проектирования БИС. И те, и другие в настоящее время развиты достаточно хорошо [14], что дает надежду на удачное решение поставленной задачи оптимизации заказных БИС в рамках системного подхода к конструированию РТС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гримайло С. И., Каргашин А. Ю., Платонов А. К., Яшкичев И. В. Исследование кинематики и точностных характеристик промышленного робота Универсал-15. — Препринт ИПМ АН СССР, 1982, № 38.— 27 с.
2. Платонов А. К., Боровин Г. К., Друженко В. Е., Чиганов В. А., Никифоров В. В. Исследование структуры системы управления робота для дуговой сварки. — В кн.: Исследование робототехнических систем. — М.: Наука, 1982, с. 51—66.
3. Платонов А. К., Карпов И. И. Синтез и моделирование на ЦВМ информационной системы шагающего аппарата. — Препринт ИПМ АН СССР, 1974, № 66.— 49 с.
4. Охоцимский Д. Е., Платонов А. К., Боровин Г. К. и др. Управление интегральным локомотивным роботом. — Тр. VI симп. ИФАК, «Управление в пространстве». — Цахкадзор, 1974, т. 11, с. 113—127.
5. Охоцимский Д. Е., Платонов А. К., Смольянов Ю. П. и др. Исследование многооперационной сборки с помощью экспериментальной робототехнической системы». — Препринт ИПМ АН СССР, 1982, № 76. — 38 с.
6. Дейкстра Э. Взаимодействие последовательных процессов. — В кн.: Языки программирования. — М.: Мир, 1972, с. 9—86.
7. Электронная промышленность, 1979—1983.
8. Standart Mikrosystems Corporation Data Catalog, 1982/83.395 p.
9. Intel Systems Data Catalog, 1982/83. 500 p.
10. Datal Intersil Short Form Catalog, 1982/83. 220 p.
11. Plander I. Research Trends in Intelligent VLSI CAD Systems. — Proc. II Intern. Conf. «Artificial Intelligence and Information-Control Systems of Robots». Smolence, ChSSR, 1982, pp. 185—191.
12. Соболев И. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задаче со многими критериями. — М.: Наука, 1981. — 110 с.
13. Платонов А. К. Определение характеристик методического макета шагающего робота. — В кн.: Уп-

равление робототехническими системами и их очувствление. — М.: Наука, 1983, с. 119—130.

14. Васенков А. А. Развитие микропроцессоров и микроЭВМ семейства «Электроника НЦ» на основе комплексно-целевых программ. — Электронная промышленность, 1979, № 11-12, с. 13—16.

Статья поступила 21 декабря 1983 г.

УДК 681.327

А. А. Мячев, О. А. Никольский

## СТАНДАРТНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ

Использование результатов системного анализа состояния, тенденций стандартизации и применение совокупности интерфейсов основных функциональных классов позволяет проектировать микропроцессорные системы повышенного технического уровня и обоснованно решать задачи разработки и стандартизации интерфейсов и соответствующих БИС и СБИС.

Развитие микропроцессорных средств вычислительной техники, непрерывное повышение их технико-экономических показателей, создание систем различного назначения на их основе для многочисленных областей применения невозможно без унификации функциональных блоков (модулей) микропроцессорных систем (МПС), средств их сопряжения и взаимодействия. Модули в единую систему объединяются посредством унифицированной системы сопряжений, называемой интерфейсом.

Под стандартным интерфейсом понимается совокупность унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации взаимодействия различных функциональных компонентов в системах при условиях, предписанных стандартом и направленных на обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости компонентов [1]. Роль и эффективность стандартных интерфейсов непрерывно возрастает по мере расширения производства микропроцессоров (МП), микропроцессорных комплектов (МПК), БИС, СБИС, модульной аппаратуры на их основе и развития стандартизации функционально завершенных СБИС. Системотехники в различных областях применения МПС ищут оптимальные структуры их построения, совершенствуют ранее разработанные и проектируют новые стандартные интерфейсы [2].

Разработка интерфейсов, процедура их внедрения и расширение сферы действия превратились в своеобразную научно-техническую и экономическую стратегию, не свободную иногда от конъюнктурных соображений. Национальные интересы и интересы международного сотрудничества стимулируют стандартизацию интерфейсов [3], роль которой особенно возросла с появлением мультимикропроцессорных магистрально-модульных систем (МММС). В США, например, создан специальный комитет при IEEE по изучению микроЭВМ, МПС и их интерфейсов. Разработана методика создания новых стандартов и их утверждения в национальном институте стандартов ANSI [3, 4].

В международной практике стандартизацией интерфейсов различного класса систем занимается несколько

## Общие сведения о стандартных интерфейсах МПС

Название	Статус (ранг)	Применяемые МП, МПС
Microbus	NSI	8080, 8086, M6800
Q-bus МПИ	DEC ГОСТ 11305.903-80	LSI-11, 8086 K581, K1801, K1804
Multibus P-796 AMS-bus	Intel P IEC TC 47B P IEC TC 47B	8080, 8086, Z-80, LSI-11/23, T1990, M6800, M68000,
I41 CM S-100 VME-bus Eurobus P-896 Fastbus	ГОСТ 25968-82 IEEE-696 P IEC 47B S UK DSWP-7232 PS IEEE PS IEC TC 47B IEEE P-960	K580, K581 M68000 M68000 M6800, M68000 M68000, T19900
CAMAC	ESONE EUR-4100 IEEE-583 IEC-516	Все типы МП
КАМАК. МК.	ГОСТ 26.201-80	K580, K1801, K1802
CAMAC	ESONE EUR-6500 IEEE-675 IEC-729	
COMPEX	PS IEEE	
HP-1B	IEEE-488 IEC-625-1,2	Все типы МП, МПС
КОП CAMAC	ГОСТ 26.003-80 ESONE EUR-4600 IEEE-596 IEC-552	CM1300, CM1800
КАМАК. ПВ. SCSI ISI	П ГОСТ PS ANSI X3T9.2 PS ANSI X3T9.3	
IEC 625-1 Series CAMAC	PS IEC TC 65 ESONE EUR-6100 IEEE-595 IEC-640	МП, МПС фир- мы HP
КАМАК. ПМ. MIL-1553B Proway ИЛПС-2	П ГОСТ S U. S. PS IEC TC 65A HM МПК по ВТ	8/16-разр. МП K580, K1802
Токовая петля ИРПС	S EIA HM МПК по BT 10-78	Все типы МПС
RS-422, RS-423	S EIA S CCITT V.10, V.11 ГОСТ 23675-79	
Стык С2-ИС RS-232C V. 24 Стык С2 V. 2, G-703 С1-ФЛ	S EIA S CCITT V. 24 ГОСТ 18145-81 S CCITT ОСТ 4.208.002	Все типы МПС

Примечание: NSC — Nat. Semic. Corp., DEC — Digital Equip. Corp., P — проект, S — стандарт, П — проект, PS — проект стандарта. UK — Великобритания, U. S — США, HP — Hewlett-Packard, RS — рекомендуемый стандарт.

ведущих организаций и ассоциаций; IEC (МЭК), ESONE (ЕЗОНЕ), ISO (ИСО), CCITT (МККТТ). В каждой из них имеются специальные технические комитеты (ТК) или группы по изучению и выработке решения по предлагаемым для стандартизации проектам интерфейсов. В МЭК: ТК 47В — микропроцессорные средства, ТК 45С — ядерное приборостроение, ТК 65С — передача цифровых данных в промышленных системах измерения и контроля. В ЕЗОНЕ: группы по развитию КАМАК и изучению малых систем. В ИСО: ТК 97 — интерфейсы ЭВМ.

В разрабатываемых ими нормативно-технических документах (НТД) на интерфейсы того или иного ранга (проект П, стандарт СТ) содержатся, как правило, следующие разделы: назначение и область применения (статус взаимодействующих компонентов и класс систем, при построении которых может быть использован данный интерфейс); основные характеристики (классификационные данные интерфейса, единица обмена, минимальное время цикла обмена данными, максимальная длина магистрали, общее число линий связи в магистрали, максимальное число компонентов, подключаемых к магистрали, типы и форматы сообщений и т. д.); структура организации связи взаимодействующих компонентов (схема организации связи, состав и назначение линий, наименование, сокращенное обозначение и назначение сигналов, передаваемых по линиям); логический интерфейс (состав интерфейсных и вспомогательных функций, порядок обмена данными и т. д.); физический интерфейс (электрические, конструктивные характеристики, отражающие в основном необходимые и специальные деталильные требования); рекомендации для применения (рекомендуемые структуры компонентов, примеры конструктивной реализации, протоколы для рекомендуемых структур и другие необходимые сведения).

Глубина проработки различных разделов и технических характеристик стандартов часто оказывает более значительное влияние на их признание и распространение, чем сами технико-экономические показатели и необходимое соответствие требованиям современных МПС [2].

В зависимости от структуры систем (сосредоточенные, локальные, распределенные) и особенностей конструктивного взаимодействия их компонентов условно выделены четыре уровня интерфейсов: 1 — внутриплатные или внутримодульные; 2 — межплатные или внутриблочные; 3 — межблочные; 4 — интерфейсы распределенных систем управления. Различают также комбинированные интерфейсы, обеспечивающие взаимодействие компонентов уровней 1 и 2, 2 и 3 и т. д.

Интерфейсы уровня 1 обеспечивают связь БИС и СБИС по магистралям на печатных платах или в пределах небольшой группы близко расположенных модулей, например Микробас [6], Q-bus, МПИ [7].

Интерфейсы уровня 2 составляют наибольшую группу. Рассчитаны они, как правило, на многопроцессорный (многоконтроллерный) режим [2, 8].

Интерфейсы уровня 3 в основном используются в сложных и высокопроизводительных МПС для объединения крупных устройств, крейтов, периферийных подсистем УСО и ВЗУ: МЭК 625-1, КАМАК МЭК 552, SCSI, ISI [2, 9, 10].

Интерфейсы уровня 4 принято классифицировать на группы: для локальных периферийных устройств (ПУ) (ИРПС или токовая петля, V 24.МККТТ); распределенных систем управления (РСУ) общего и специального назначения (КАМАК МЭК 640, МЭК 625-1 последовательный, MIL-1553, ИЛПС-2); локальных сетей общего назначения (P-802), систем передачи данных (С1, С2, С2-И, X21, X21-бис, X25).

Каждый из применяемых на том или ином уровне интерфейсов имеет определенный статус: фирменный, отраслевой, национальный, международный. Некоторые интерфейсы запатентованы и являются собственностью

фирм, например Q-bus фирмы DEC. Многие наиболее важные для определенных областей широкого применения интерфейсы имеют статус международных комитетов. Их доработка и принятие может продолжаться несколько лет, например МЭК 729, P-802. В этой связи особую важность для МПС представляют стандартные интерфейсы в ранге как минимум проекта международных, межнациональных и национальных организаций.

В последнее время наблюдается интенсивное развитие интерфейсных систем и интерфейсов, которые представляют собой важную область системотехники, подчиняющуюся своим закономерностям, пока еще недостаточно изученным [2, 7, 11—13]. Между тем наблюдается тенденция необоснованного расширения номенклатуры интерфейсов одного класса из-за второстепенных отраслевых условий, что приводит к значительным дополнительным затратам и изоляции создаваемых систем на всех стадиях разработки, производства, внедрения, обучения персонала, эксплуатации, информационного обслуживания в различных отраслях народного хозяйства.

Ниже в краткой форме приведена классификация интерфейсов и дано представление о наиболее широко используемых в МПС стандартных интерфейсах, отражены тенденции стандартизации интерфейсов различных уровней (за исключением интерфейсов систем передачи данных и локальных сетей). Общие сведения и статус рассматриваемых стандартных интерфейсов соответствующих уровней приведены в табл. 1. Интерфейсы с параллельной передачей информации уровней 1—3 раз-

делены на два крупных класса в соответствии со структурой шин адреса и данных: интерфейсы с *раздельными* и *мультиплексными* шинами.

### Системно-ориентированные интерфейсы

Осуществляют связь компонентов МПС по многопроводным магистралям, упрощают интерфейсную логику на модулях и обеспечивают необходимое быстроедействие в цепях передачи данных, полную групповую совместимость модулей для построения гибких перестраиваемых МПС. Во многих стандартах предусматриваются резервные и свободные контакты на разъемах, средства для частичной модернизации в будущем. Часть стандартов привязана к определенным МП, МПК или интерфейсным БИС. Большое число и многообразие интерфейсов (табл. 2) объясняется влиянием различных условий, побуждающих разрабатывать или выбирать интерфейсы, реализация которых наиболее доступна предприятиям, фирмам, отраслям.

**Интерфейс Microbus** [6] разработан для 8-разрядных МП и МПС, использующих МП типа 18080, M6800. Применяется в качестве внутрислатной магистрали. В ранних базовых МПС использовался в качестве межслатного интерфейса и дополнялся линиями для оперативного доступа к памяти (ПДП).

**Интерфейс Q-bus** [13] рассчитан на упрощенную магистраль для внутрислатных и расширенную для межслатных и межблочных соединений. Позволяет создавать БИС и СБИС с выходом на упрощенную магистраль.

Таблица 2

Характеристики системно-ориентированных интерфейсов

Характеристики	Microbus	Q-bus	COMPEX	AMS-bus	S-100	VME-bus	Eurobus	P-896	Fastbus
Число функциональных линий (Ст/Доп)	29	34/46	67/75	53/59	82/100	127/128	48	48/50	66/86+4
Разрядность данных, бит	8	16	24	16	8/16	16/32	16	32	32
Разрядность шин адреса, (Ст/Доп)	16	18/22, М	24/29	16/20	16	23/31	24, М	32, М	32, М
Число линий управления	5	16	14+32	21	35	41	7	16	28
Число модулей в каркасе		8	24	8	20	20	20	21/23	26
Шаг модулей, мм		15,24	17,2	17,2		20,32	20,32	15,24	16,5
Тип платы (Е1, Е2, Ф)		Ф	Е2	Е2		Е2	Е2	Е	Ф
Тип разъема (С64, С96, Ф/К)		Ф/72	Ф/86	С96		С96	С64, С96	С64, С96	Ф/130
Напряжение питания, В		±5, ±12	±6, ±24	±5, ±12		±5, ±15	±5, ±12, ±34	+5	±5, ±12, ±28, -2
Число каркасов (Н, П)	1	Н	1	1	1	Н	Н	Н	П
Число подключаемых устройств	10	16	23	8	20	20	20	28	20
Протокол связи каркасов (О, Н)	—	0	—	0	—	Н	Н	Н	0
Максимальное число процессоров	1	1	24	8	8	19	16	28	26
Арбитраж (Ц/ЧЛ, ДЦ/ЧЛ, ЦЦ)	ЦЦ	ЦЦ	Ц/23	Ц/8	Ц/8	Ц/19	Ц/16	ДЦ/3	ДЦ/6
Синхронизация (С, АС)	АС	АС	АС	АС	АС	АС	АС	АС	С/ АС
Минимальное время цикла, мкс	—	0,6	0,6	0,4	—	0,3	0,25	—	0,1

Примечание: Ст — стандартное, Доп — допустимое, М — мультиплексир уемые, Е — Европлата, Е1 — 160×100 мм, Е2 — 233,4×160 мм, Ф — фиксированный по стандарту, К — контакты, Н — не определено, О — определено, П — произвольное, Ц — централизованный, ДЦ — децентрализованный, ЦЦ — централизованный цепочечный, ЧЛ — число линий, С — синхронный, АС — асинхронный.

раль. Отдельные БИС, например БИС памяти, могут быть выполнены в корпусах с малым числом выводов. Введение интерфейсной логики в БИС обеспечивает реализацию одноплатных микроЭВМ и МПС с переменными по составу контроллерами ПУ преимущественно на БИС, СВИС.

Расширение внутрислатной магистрали на межплатную осуществляется через шинные формирователи, входящие на унифицированную заднюю панель, объединяющие модули. При использовании согласователей и повторителей магистрали обеспечивается межблочное сопряжение. В наиболее совершенных МПС на базе LSI-11/23 в интерфейсе используется 22-разрядный адрес и 5-уровневая система прерывания. В настоящее время на базе Q-bus на Европлатах создаются микропроцессорные средства различного назначения.

## Интерфейсы с раздельными шинами

**Интерфейс КАМАК МЭК 516.** Стандарт на интерфейс сформулирован на основе НТД комитетов ЕЗОНЕ, IEEE и принят МЭК. В СССР разработан ГОСТ 26.201-80, существенно ускоривший выпуск стационарной аппаратуры КАМАК, комплектных крейтов, измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) и проблемно-ориентированных МПС. Первоначальный вариант стандарта не обеспечивал возможности реализации на магистрали крейта (МК) многоконтрольного режима. Но с введением дополнительного стандарта МЭК 729, определившего вспомогательную МК, появилась возможность для построения многоконтрольных МПС в крейте. Несмотря на это стандарты МК не соответствуют современным требованиям к организации ММПС. Разрабатывается проект нового стандарта COMPEX для более эффективного использования МК за счет расширения системы адресации (изменения структуры шин), асинхронной передачи данных, улучшения системы обработки запросов, модернизации режима передачи блоков данных, расширения логической организации (5 новых кодов операций) при обеспечении физической совместности со стандартом МЭК 516. Однако и этот проект не исключает неудобную вспомогательную магистраль МК, отсутствующую в аналогичных стандартах современных МММС.

**Семейство Multibus** объединяет большое число интерфейсов различного ранга стандартизации, совместных логически снизу вверх по числу используемых линий адреса (от 16 до 24), данных (от 8 до 16), арбитража и прерываний. Имеет несколько вариантов конструктивной реализации, в основном с использованием размеров стандарта МЭК 297-3 (Европлаты).

Модули, как правило, объединены в каркасе, но при расширении их числа линии каркаса через гибкие ленточные кабели могут соединяться с другими каркасами. Магистрали, в основном, являются подмножествами исходных стандартных интерфейсов, имеющих более высокий статус. Тем не менее их можно рассматривать как стандарты для соответствующих отраслей промышленности.

**Интерфейс P-796 [14].** Для магистрали выбран двухрядный 86-тактный разъем прямого сочленения, расположенный по длинной стороне платы. В спецификации приведены временные диаграммы операций и даны структуры сопряжения модулей в различных режимах. В настоящее время имеет ранг первого варианта в публикации МЭК 47В.

**Интерфейс AMS-bus [15].** В 1982 году по предложению ФРГ была разослана в качестве проекта международного стандарта МПС спецификация на интерфейс, в основном аналогичный P-796, с реализацией на Европлатах двух размеров и разводкой магистрали по трем рядам одного разъема. По сравнению с интерфейсом P-796 увеличено до 24 число линий адреса и оговорены функции второго разъема на двойной Евро-

плате. Оба интерфейса приняты в 1983 году подкомитетом МЭК 47В с единым протоколом и структурой.

**Интерфейс I41СМ [11].** Один из вариантов Multibus с сохранением состава линий и их функций. Конструкция модулей — двойная Европлата СМ ЭВМ с двумя разъемами типа СНП 59-96. На базе интерфейса выпускается набор модулей широкой номенклатуры для организации АСУ ТП, и микроЭВМ СМ1800 различных модификаций.

**Интерфейс S-100 [16]** имеет много нерегламентированных контактов, т. е. рассчитан на использование различных типов МП. Получил высокую оценку у разработчиков и изготовителей МПС (40% всех применений).

**Интерфейс VME-bus [17].** Стандарт на него подготовлен группой фирм, разрабатывающих микропроцессорные МПС на базе МП типа М68000. За основу принят стандарт IEEE-961 (Versabus). Стандарт определяет два уровня реализации интерфейса — с одним и двумя разъемами С96, т. е. 23 линии адреса, 16 линий данных и 31 линия адреса, 32 линии данных соответственно. Модули первого уровня выполняются на Е1 и Е2, модули второго — только на Е2 (см. примечание к табл. 2).

Магистраль очень насыщена и на первом уровне используются все 96 контактов, из которых 14 отводятся под питание. На втором уровне добавляется средний ряд разъема, а два крайних ряда отводятся пользователями. Большое число линий позволило ввести двухуровневый арбитраж, отдельную систему прерываний, осуществить операции с переменной разрядностью данных.

В стандарте проработаны многие системные вопросы, рекомендации по построению крейтов, приведена терминология различных технических средств магистральных МПС и т. д. Стандарт в 1982 году зарегистрирован как проект МЭК ТК 47В и в 1983 году продлен на правах проекта.

## Интерфейсы с мультиплексными шинами

Эти интерфейсы разработаны в последние годы и наиболее полно отвечают требованиям построения современных экономичных МПС и МММС с расширенными возможностями.

**Интерфейс Eurobus** является национальным стандартом Великобритании с номером DSWP-7232 [18]. Отличается минимумом используемых функциональных линий. В основной модификации модулей (Е2 с разъемом С64) всего 18 совмещенных линий адреса/данных и 11 управляющих линий. Содержит интерфейсные БИС данных и управления, обеспечивающие хорошие динамические характеристики (время цикла равно 400 нс) и компактность размещения модулей. Минимальной структурной единицей служит каркас. Для межкаркасной связи используются специальные модули.

**Интерфейс P-896 [19]** является одной из попыток IEEE ввести в действие единый для промышленных МПС процессорнонезависимый интерфейс. В проекте стандарта нашли отражение децентрализованный арбитраж по пяти магистральным линиям, совмещенные 32-разрядные линии адреса/данных с переменной разрядностью последовательный канал, режим блочной передачи, возможность работы в синхронном и асинхронном режимах, супервизор, соответствие механике Европлат. Состав линий на магистрали оптимизирован. Внедрение проекта стандарта задерживается из-за конкуренции других проектов стандартов, предлагаемых фирмами.

**Интерфейс Fastbus [20].** По совокупности основных характеристик: виду адресации (логическая, географическая, групповая), арбитража (распределенный), формату адреса и данных (совмещенные 32 разрядные линии), быстродействию (ЭСЛ-уровни на магистрали,



Таблица 3

Характеристики межблочных системно-независимых интерфейсов

Характеристика	МЭК 625-1	КАМАК МЭК 552	Системные ПУ	
			SCSI	ISI
Число подключаемых устройств	15	7	8	8
Максимальная длина, м	20	25	15	15
Реализуемая топология (П, М, К)	П	М	К	М
Разрядность данных, бит	8	24	8+1	8+1
Максимальная скорость обмена, Мбайт/с	1	1,5	1,5	3,0
Число линий интерфейса	16	66	58	24
Число проводов в кабеле	24	132	60+26	50
Принцип передачи (ЧМ, ПМ, ПП)	ПМ	ПП	ЧМ	ПМ
Число линий адреса	8	5+7p	8p	16
Число линий данных	8	24	1+1	16+2
Число линий управления/команды	8/—	2,5	9	4
Число линий синхронизации	1	1+7	3	2
Арбитраж	Централизованный			
Число линий запроса	1	1	8	—
Разрядность слова запросов	8	24	—	8
Широковещательная передача	Есть	Есть	—	—
Дистанционное/местное управление	Есть/Есть	Есть	—	—
Передача управления	Есть	—	—	—

Примечание: П — произвольная, М — магистраль, К — комбинированная, ЧМ — частично-мультиплексный, ПМ — полностью мультиплексный, ПП — полностью параллельный, p — радиальная.

контроллеров ЭВМ и МПС, соответствующих требованиям национальных стандартов и МЭК 625-1.

Магистраль является полностью пассивной и образует отрезки экранированного кабеля, оканчивающиеся с обеих сторон разъемами, обеспечивающими установку одного разъема на другой, что позволяет собирать системы произвольной конфигурации.

Тенденция к микроминиатюризации стандартных средств сопряжения с МЭК 625-1 обусловила создание ряда универсальных и программируемых БИС для широкого применения в приборах, модулях и контроллерах МПС. При этом наблюдается тенденция реализации МП с каналами ввода-вывода по МЭК 625-1, блоков и картасов в конструктиве Евромеханики с магистралью второго уровня по МЭК 625-1.

время цикла 0,1 мкс) и другим — данный интерфейс можно считать самым совершенным и сложным. Высокие системные характеристики позволяют предполагать, что он найдет широкое применение в высокопроизводительных МММС. В настоящее время стандарт на интерфейс принят в ЕЗОНЕ, зарегистрирован в IEEE под номером P-960 и разослан как документ МЭК ТК 45.

Интерфейс состоит из отдельных сегментов, содержащих магистраль, к которой подсоединяются модули. Сегменты выполнены в виде крейтов и представляют собой многожильный кабель с отводами для подключения отдельных устройств. Используются смешанные операции с передачей данных в различных направлениях и параллельные передачи на отдельных сегментах. При этом задатчик одного сегмента может быть связан с исполнителем на другом сегменте. Передача данных осуществляется в асинхронном и синхронном режимах. Арбитраж магистрали — децентрализованный по шести линиям.

Для обеспечения высоких динамических характеристик сигналов на каждые четыре сигнальных линии предусмотрена одна линия «земля». Модули Fastbus реализуются на платах размером 366,7×400 мм и имеют основную накладку двухрядный разъем на 130 контактов. Шаг установки модулей в крейте составляет 16,5 мм. Модули рассчитаны на воздушное охлаждение. Fastbus применяется в аппаратуре, предназначенной для сбора и обработки больших объемов информации.

### Межблочные системно-независимые интерфейсы

Стандартизируются для программно-модульных периферийных подсистем и контроллеров ВЗУ на магнитных носителях. Обеспечивают экономичное подсоединение подсистем различной конфигурации и сложности, существенно сокращают сроки и стоимость создания систем. Требования к унификации компонентов систем создали в начале восьмидесятых годов условия для стандартизации интерфейсов, главным образом, в ранге международных стандартов КАМАК и программируемых приборов. Стандартный интерфейс для программируемых приборов дает возможность существенно упростить и удешевить проектирование малых и средней сложности подсистем МПС различного назначения.

Унификация системно-независимых интерфейсов контроллеров ВЗУ на уровне канала ввода-вывода позволяет свести к разумному минимуму число типов, увеличить число контроллеров при весьма большом разнообразии механизмов ВЗУ и других ПУ. Стандартизация этих интерфейсов возможна на аппаратурном и программном уровнях. Основные характеристики системно-независимых интерфейсов приведены в табл. 3.

Интерфейс МЭК 625-1 [1] обеспечивает взаимную информационную связь цифровых измерительных приборов и преобразователей информации, устройств программного управления, различных генераторов, ЗУ, дисплеев, УВВ информации, ВЗУ на ГМД и КНМЛ, а также МПС различной сложности.

При разработке стандарта на интерфейс учтены важнейшие требования к его применению: сокращение стоимости за счет оптимизации числа сигнальных шин, длин кабелей и состава логических схем; простота структуры сигнальных шин и протокола связи; возможность связи между устройствами с различным быстродействием; одновременный прием данных группой устройств и т. д. Исходный вариант стандарта разработан фирмой Хьюлетт—Паккард. В 1972 году одобрен МЭК, в 1975 году — советом IEEE, в 1978 году принят в качестве стандарта IEEE-488, в 1979 — МЭК, в 1980 году выпущен ГОСТ 26.003-80. В настоящее время более чем в 30 странах производится свыше 500 типов ПУ,

Характеристики интерфейсов РСУ

Характеристика	МЭК 625-1 последовательный (HP-IL)	КАМАК МЭК 640	MIL-1553B	Proway
Максимальное число абонентов	31	62	31	до 63
Реализуемая топология	Замкнутое кольцо		ОШ	Разомкнутое кольцо
Источник программ	1	1	Несколько	1
Максимальная скорость передачи, Мбит/с	0,1	5	1	1—2
Способ кодирования (БИ-П, ВН, М-П)	БИ-П	ВН	М-П	М-П
Передающая среда, двухпроводная линия	1	2	2	1
Расстояние между абонентами, км	0,1	3	—	3
Число одновременно передаваемых сообщений	1	Несколько	1	1
Широковещательная передача	—	—	Есть	Есть
Формат сообщений (Ф, П), байт	Ф/1	Ф/9, 6, 3	Ф/1	Ф, П
Длина поля сообщения, бит	11	11	20	—
Информационное поле, байт/бит	1/8	3/8	1/16	до 255/8
Способ контроля (Ч, КС, ЦК)	Ч	Ч, КС	Ч	ЦК

Примечание: ОШ — общая шина, БИ-П — импульсный с паузой, ВН — с возвращением к нулю, М — манчестерский, Ф — фиксированный, П — переменный, Ч — четность, КС — контрольная сумма, ЦК — циклический контроль.

Интерфейс КАМАК МЭК 552 [1] — параллельная ветвь (ПВ), используется при построении крупных сосредоточенных МПС автоматизации научно-технических экспериментов и МПС управления технологическими процессами. Стандарт сформулирован на основе НТД комитетом ESONE, IEEE и принят МЭК. В СССР разработан проект ГОСТа.

Интерфейс ПВ — межкрейтовая система сопряжения, позволяющая совместно с интерфейсом МК организовать обмен информацией между модулями КАМАК, входящими в состав крейтов, и МПС или ЭВМ через специализированный драйвер, обеспечивающий подключение к ПВ до семи крейтов. Сопряжение ПВ с интерфейсом МК осуществляется через стандартные контроллеры крейта (КК) типа А-1, А-2. Информация по ПВ передается 24-разрядными словами с использованием асинхронного принципа передачи по двунаправленным линиям. ПВ можно рекомендовать для крупных локальных научно-технических объектов автоматизации протяженностью до 50 м при пропускной способности до 1,5 Мбайт/с.

Интерфейс SCSI [9] представляет собой модифицированный вариант расширенного интерфейса НГМД, используемого в большинстве 133-мм винчестерских накопителей и является одноканальной программируемой магистралью для сопряжения центральных МПС и контроллеров ВЗУ. Подкомитет ХЗТ9.2. ANSI разрабатывает стандарт на этот интерфейс под названием «Системный интерфейс малых компьютеров». Стандартный интерфейс рассчитан на максимальную скорость до 1,5 Мбайт/с и реализуется в виде одного 50-проводного кабеля.

Интерфейс ISI [10] — 16-разрядная магистраль с широкими возможностями для программирования операций управления и связи, контроля и коррекции ошибок программируемых ЛУ. Обеспечивает подключение к адантеру центрального компьютера до восьми контроллеров, каждый из которых связывается с восьмью ПУ. В 1982 году интерфейс введен для НМД, в 1983 году — для НМЛ. Интерфейс реализован на аппаратном (совместим с распространяемым для НМД интерфейсом IPI) и программном (физические функции, передача команд и данных) уровнях.

### Интерфейсы РСУ научно-техническими и технологическими объектами

Последовательные интерфейсы РСУ должны отвечать требованиям повышенной надежности, отказоустойчивости, расширяемости при относительно невысокой стоимости, простоте подключения к линии, легкости установки, большом сроке службы и возможности стандартизации.

Для описания данного класса интерфейсов (табл. 4) применяется модель открытых систем МОС/ИСО, состоящую из семи функциональных уровней, из которых три нижних (физический, канальный и сетевой) образуют собственно коммуникационную сеть. На физическом уровне реализуются физические, механические и функциональные характеристики соединения, на канальном — установление, поддержание и разъединение соединения, на сетевом — адресация информации, управление потоками массивов данных. Физический и канальный уровни рассматривают как средство, обеспечивающее передачу данных по локальной сети РСУ.

Интерфейс МЭК 625-1 последовательный [21]. Разрабатывается группой комитета МЭК ТС 65, ранее сформулировавшей стандарт МЭК 625-1. Стандарт обеспечивает полностью последовательную связь и максимальную программную совместимость с МЭК 625-1. Фирмой HP предложен вариант реализации аналогичного интерфейса под названием HP-IL (интерфейсная петля HP), обеспечивающего построение малых распре-

деленных МПС с невысокой стоимостью и потребляемой мощностью.

Интерфейс состоит из одной двухпроводной линии, образующей последовательную замкнутую петлю. Архитектура интерфейса соответствует типу «затчик—исполнитель» и гарантирует возможность работы с контроллерами в режиме разделения времени (расстояние между устройствами может достигать 100 м). Для типовых приборов, выходящих на МЭК 625-1, разработаны соответствующие БИС, обеспечивающие их сопряжение с HP-IL.

Интерфейс КАМАК МЭК 640 — последовательная магистраль (ПМ) [1]. Используется в многокрейтных распределенных МПС управления с протяженностью объектов автоматизации более 1 км и пропускной способностью свыше 10 ... 100 кбайт/с. ПС представляет собой замкнутую направленную петлю связи, в которую включен последовательный драйвер и последовательные КК (ПКК) типа L-1 и L-2, имеющие для вво-

да и вв  
дарту  
обхода  
магистр  
Другие  
с помо  
вии со

Инте  
ных МП  
цифика  
Минист  
рована  
авиаци  
гителям  
для об  
широко  
тифика  
компон  
2 МОС  
Инте  
группой  
менения  
объекта  
доступ  
обеспеч  
адреса  
В соот  
мя опр  
претенд  
локаль

Созд  
назнач  
примен  
всех ур  
тивност  
дунаро  
Раз  
СБИС  
переме  
повыше  
Наи  
мые м  
роение  
механи  
разъем  
(LSI-1)

ных ве  
дерниз  
ванне  
разряд  
кацио  
различ  
Сис  
фицир  
вода М  
програ  
линий  
плекси  
магист

Ста  
базе М  
новым  
ние ур  
специф  
бовани  
интерф  
полей  
гаемых  
собств  
ориент  
станда  
зависим  
зовани  
ранени

да и вывода сообщений два разъема, отвечающие стандарту V24. МККТТ. В ПМ предусмотрены способы обхода отказавшего ПКК и использование запасной магистрали. Каждый ПКК имеет установленный адрес. Другие источники программ могут быть введены в ПМ с помощью контроллеров, реализованных в соответствии со стандартом КАМАК МЭК 729.

**Интерфейс MIL-1553 [22]** предназначен для локальных МПС управления специального назначения. Спецификация разработана в 1973 году отделением при Министерстве обороны США, в 1975 году — модернизирована (вариант 1553А) с учетом опыта применения в авиации, промышленности, управлении крупными ускорителями, в 1978 году — расширена (вариант 1553В) для обеспечения режимов дополнительной адресации, широкопередаточной передачи, защиты от помех и идентификации ошибок передачи. Стандарт определяет все компоненты уровня 1 и часть компонентов уровня 2 МОС/ИСО.

**Интерфейс Proway [23].** Разрабатывается рабочей группой подкомитета МЭК 65А. Предназначен для применения в системах управления технологическими объектами и процессами. Предполагается использование доступных БИС интерфейса HLDC. Формат сообщения обеспечивает передачу до 255 байтов информации и адресацию до 256 задатчиков и 256 исполнителей. В соответствии с моделью МОС/ИСО в настоящее время определены уровень 1 и часть уровня 2. Интерфейс претендует на статус международного стандарта для локальных сетей управления процессами.

Создание современных МПС и систем различного назначения на их основе для многочисленных областей применения невозможно без унификации интерфейса на всех уровнях иерархии. В последнее время возросла активность технических комитетов национальных и международных организаций.

Разработка ряда функционально завершенных БИС, СБИС в 64-выводных корпусах и одноплатных МПС переменной конфигурации на их основе способствует повышению статуса внутрислужбных интерфейсов [24].

Наиболее совершенные современные и проектируемые межплатные интерфейсы ориентированы на построение МММС с использованием конструктивов Евромеханики, Европлат, в основном типов E2 и E1 с разъемом C96, а также МП различных архитектур (LSI-11/23, 8086, M68000 и т. д.). Увеличение адресных возможностей и разрядности МП обусловило модернизацию широко используемых в МПС и проектирование новых стандартных интерфейсов с увеличенной разрядностью линий адреса и данных, а также унификацию средств для совместного использования модулей различной производительности и разрядности данных.

Системно-независимые межблочные интерфейсы унифицируются в основном на уровне каналов ввода-вывода МПС и стандартизируются на аппаратурном и программном уровнях. Существенное сокращение числа линий интерфейса достигается за счет полного мультиплексирования информационных шин и использования магистрали для сопряжения всех контроллеров.

Стандартные последовательные интерфейсы РСУ на базе МПС предъявляют повышенные требования к основным характеристикам систем передачи данных. Нижние уровни модели МОС/ИСО могут служить основой спецификации этих интерфейсов. В зависимости от требований применения в РСУ используются стандартные интерфейсы в основном с фиксированными длинами полей информации. Наличие интерфейсных БИС, сопрягаемых с основными типами 8/16-разрядных МП, способствует расширению областей применения проблемно-ориентированных интерфейсов РСУ. Модификация стандартных интерфейсов РСУ направлена на снижение стоимости и повышение надежности, благодаря использованию волоконно-оптических линий связи, при сохранении совместимости с техническими средствами на

аппаратурном и программном уровнях, например внедрение интерфейса MIL-1773, совместимого с MIL-1553В [25].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Науман Г. Стандартные интерфейсы для измерительной техники. — М.: Мир, 1982. — 304 с.
2. Мячев А. А., Никольский О. А. Программно-модульные цифровые системы на базе машинно-независимых интерфейсов. Обзорная информация, вып. 5, ТС-2: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1983. — 46 с.
3. Herbert Hecht. Standards activities. Computer, March, 1983, p. 7—9.
4. Byte. Publications. Inc. February 1983, p. 133—142.
5. Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники. Системы интерфейсов. Структура и классификация. ОСТ 25.955—81. — 5 с.
6. Форс. Стандартная микропроцессорная шина, упрощающая задачи разработчиков микрокомпьютеров. — Электроника. Пер. журн. США «Electronics», 1978, с. 33.
7. Васенков А. А. Система комплексной стандартизации и унификации микропроцессорных средств вычислительной техники. — Электронная промышленность, 1981, вып. 1, с. 3—7.
8. Эрглис К. Э. Магистрально-модульные многопроцессорные информационно-управляющие системы. (Обзор). — ПТЭ, 1983, № 1, с. 7—20.
9. Электроника, 1982, № 12, с. 26—35.
10. Электроника, 1982, № 16, с. 42—48.
11. Средства вычислительной техники. Система малых ЭВМ. Интерфейсы/ЦНИИТЭИ приборостроения. Каталог ГСП, ТС-2, вып. 10, 11. М., 1983. — 89 с.
12. Paul L. Borrill. Microprocessor bus structures and standards. — Euromicro, 1980, p. 285—296.
13. Мячев А. А. Системы ввода-вывода ЭВМ. — М.: Энергониздат, 1983. — 168 с.
14. Proposed Microcomputer System 796 Bus Standard. — IEEE Task P 796/12 Computer, 1980, Oct., p. 89—105.
15. Proposal of the German National Committee for the AMS Bus-System. — IEC TC 47B (Germany), 5 May 1982, p. 78.
16. Draft. Microprocessor systems. Bus 8 bit or 16 bit data. IEC 47B. July 1983.
17. Шина VME. Руководство по эксплуатации. Микросистемы: Моторола. М., Всес. центр переводов, 1983, с. 239, № CP-82290.
18. Евробас. Стандарт на модульные системы управления, обработки и сбора данных для промышленных применений. Временная спецификация. Комитет ЕЗОНЕ, декабрь, 1980. М., Всес. центр переводов, 1981, № Г-10862.
19. Децентрализованные мультипроцессорные системы для интегрированных АСУ и АСНИ/Г. Н. Куклин, В. П. Мишаев, М. А. Головашкин и др. — Приборы и системы управления, 1982, № 11, с. 8—10.
20. Базиладзе С. Г. Fastbus — Стандарт для построения быстродействующей электронной аппаратуры IV поколения. — ПТЭ, 1982, № 5, с. 5—27.
21. Hewlett-Packard Journal, 1983, Jan., p. 3—22.
22. Электроника, 1982, № 1, с. 118—121.
23. Amendments to document 65A (Central office) 10: Process data highway (Proway) for distributed process control Systems. Part: General description and functional requirements. IEC, December, 1982, p. 70.
24. HITACHI, Microcomputer System HMCS 68000. Каталог фирмы, 1983, p. 91.
25. Electronic Design, vol. 31, N 16, 1982, p. 153—156.

Статья поступила 10 декабря 1983 г.

УДК 681.322.1

## Кому и для чего нужна персональная вычислительная машина?

Под персональной вычислительной машиной (ПВМ) условимся понимать машину не бытового, а профессионального назначения.

На вопрос, поставленный в заголовке, точнее, на первую его часть: «Кому?» — можно ответить просто — всем, кроме детей и директоров предприятий.

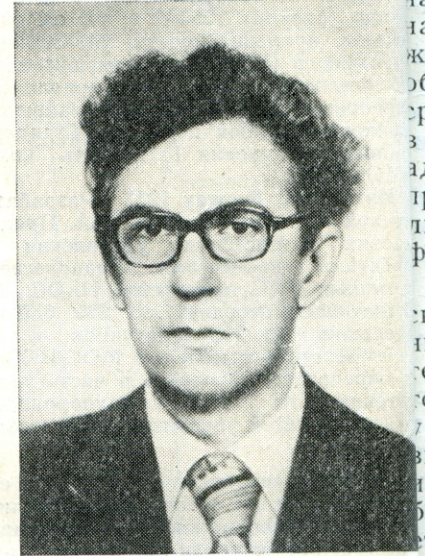
Ребенку нужно внимание, понимание и сочувствие — ничего этого он от компьютера не получит. Зато риск получить еще одно отупляющее занятие вроде игры в карты или многочасовые сидения у телевизора довольно велики. О возможных исключениях из общего правила я не говорю, как и о том, что наблюдение за ПВМ в руках у матери или отца, владеющих машиной профессионально, или занятие с ПВМ, оснащенной очень хорошей обучающей программой, принесет только пользу. Вместе с тем, обучение детей программированию под руководством неопытного педагога может вызвать к вычислительной технике такое же стойкое отвращение, какое, увы, возникает у многих из наших детей даже к классикам литературы.

О директорах — чуть позже.

Если не заглядывать лет на 50 вперед, когда, как предсказывают, наступит эра всеобщей информатизации общества, то основными пользователями ПВМ в ближайшее время будут люди из числа ведущих (не в административном, а в творческом плане) специалистов институтов, конструкторских бюро и других учреждений, уже сейчас знакомые с вычислительной техникой и прилично ею владеющие.

Что больше всего нужно этим людям? Если спросить об этом любого инженера или научного сотрудника, то он ответит, что больше всего ему недостает хорошего помощника — техника, лаборанта, машинистки. Другими словами, ему хочется избавиться от рутинной работы, облегчить себе работу творческую.

В любом учреждении, пожалуй, только директор может найти достаточное число по-



**Святослав Сергеевич ЛАВРОВ**  
директор Института  
теоретической  
астрономии АН СССР,  
член-корреспондент АН СССР

мощников, чтобы поручить им рутинную работу, и то не всякую. Поэтому директора и не входят в число лиц, которым остро необходима персональная ВМ.

Рутинная работа — это:

- поиск нужных данных в различных справочниках, нормативных документах, архивах компаний, дел; поиск самих этих справочников и документов, поиск нужной бумаги в собственном столе, наконец;

- составление шаблонных документов, составление которых почти не меняется из года в год;

- оформление и правка любых документов;

- ведение дневника, хронометража и прочих записей, фиксирующих ход и формальную суть наших повседневных действий;

- выполнение типичных операций по привычной, хорошо отработанной схеме.

Даже если человек завоевал себе положение в коллективе, дающее ему возможность заниматься творческой работой, но еще не успел попасть на какой-нибудь администра-

тивный пост, то в самой этой работе встречаются те же рутинные элементы, хотя и в другой пропорции и в ином контексте.

На мой взгляд, персональная ВМ — это, прежде всего, мощное средство оргтехники, фактически единственное реальное средство, способное свести рутинную работу к ее первичным, совершенно необходимым элементам.

Почему для этого нужна именно персональная, а не обычная вычислительная машина? Прежде всего такой машине человек может доверять гораздо больше, чем машине с общим доступом, даже при наличии разных средств защиты информации. Дело не столько в несовершенстве этих средств и не в том, что администратор операционной системы может проникнуть сквозь все препоны и заглянуть в любые данные, а просто в ощущении комфорта.

Еще в большей степени такой психологический комфорт создается возможностью хозяйничать в своей персональной машине так, как тебе хочется, не считаясь с неудобствами, которые можно причинить другим. Не нужно ни у кого выпрашивать место в архиве, можно выбрать такую классификацию документов или их атрибутов в базе данных, которая тебе (и, может быть, только тебе) представляется естественной и лучше соответствует конкретному содержанию этой базы данных.

Наконец, персональная ВМ всегда у тебя под рукой — на ней можно работать в любое удобное для тебя время. Это не только избавляет пользователя от необходимости стоять в очереди или, работая за пультом, помнить, что очередь стоит за спиной. Исчезает понятие выделенного тебе лимита времени, а вместе с ним необходимость сидеть за пультом, когда по ходу дела лучше было бы уйти и подумать.

Образно говоря, разница между персональной ВМ и системой разделения времени на общей ЭВМ такая же, как между отдельной и коммунальной квартирой, даже при наилучших отношениях между жильцами.

Итак, на персональную ВМ могут быть возложены следующие функции:

**Записная книжка.** В этой роли машина хранит нужные адреса и телефоны, расписание постоянных и текущих обязанностей и т. д. При этом машина может выполнять эту роль активно: при включении автоматически вывести на экран список неотложных дел, во время работы напомнить о приближающемся совещании или необходимости позвонить жене и т. п.

**Личная картотека.** В эту картотеку каждый заносит то, что ему нужно — библиографический указатель прочитанных (или, наоборот, интересных, но еще не прочитанных) ста-

тей и книг, список полезных программ и модулей, каталог личной библиотеки книг и, разумеется, каталог всего содержимого, созданного на данной ПВМ.

**Рабочая тетрадь.** В нее можно записывать еще более разнообразную информацию: конспекты прочитанных материалов и выписки из них, черновики писем, отчетов, статей, программ (до того, как они поступают на отладку), неформальные спецификации. Человек, занимающийся научно-техническими расчетами, может выполнять в рабочей тетради необходимые формульные выкладки и т. п.

**Лабораторный журнал.** В него регулярно и систематически заносится все, что относится к основной научной-производственной деятельности владельца ПВМ. Это могут быть наборы исходных данных для очередного запуска программы, с которой работает владелец и соответствующие результаты счета. В журнале записываются все изменения, вносимые в программу. В журнале (а не в рабочей тетради) полезно также фиксировать все мотивировки предпринимаемых действий — обоснование изменений или варианта исходных данных, экспресс-выводы из полученных результатов.

Сейчас следы многого из того, что делается на машинах, утрачиваются безвозвратно — распечатки не сохраняются, а если и сохраняются, то их трудно бывает связать друг с другом. Поэтому желательно, чтобы ведение журнала было в значительной степени автоматизировано.

**Большой микрокалькулятор.** В этом режиме персональная ВМ должна выполнять (по постоянным или редко меняющимся программам) операции, часто нужные ее владельцу. Должно быть обеспечено также выполнение несложных композиций таких операций.

**Маленькая универсальная ВМ.** Не предполагается, что персональная ВМ будет обладать большой вычислительной мощностью (из-за ограниченной оперативной памяти, малой разрядности чисел и т. п.). Но небольшие расчеты по произвольной составленной пользователем программе должны быть ей доступны.

Из сказанного вытекает необходимость иметь для персональной ВМ программное обеспечение в следующем составе:

**Текстовый процессор.** Желательно, чтобы это был не традиционный редактор текстов, а нечто большее, чтобы схема ссылок на фрагменты текста была более разнообразной и гибкой так же, как система операций по преобразованию текстов. В идеале такая система должна быть пригодной, например, для проведения аналитических (формульных) выкладок в режиме диалога.

**Средства вывода текстов и изображений.** Кроме вывода различных текстов, таблиц и графиков «для себя» система должна позволять, например, вывести официальное письмо в виде, пригодном для отправки, вывести рукопись статьи (рисунки — на отдельных листах) в виде, пригодном для сдачи в издательство и т. п.

**Система управления базами данных.** Система должна позволять создание баз данных с разнообразной, в том числе неоднородной структурой данных и разнообразными средствами доступа. Система должна включать готовые базы данных, описывающие состав (и возможности) самой ПВМ и ее программного обеспечения.

**Программа (базовая) ведения лабораторного журнала.**

**Связь с другими аналогичными ПВМ.** В наши дни почти никто не работает в одиночку, поэтому и персональные ВМ сотрудников одного коллектива (отдела, лаборатории, может быть института) должны быть связаны между собой. Наиболее гибкой представляется система связи, при которой любое отправление попадает в общий архив, а адресат получает только короткое извещение (если в данный момент он не работает, то извещение поступает в момент его подключения к ПВМ). Далее адресат сам решает, когда он получит само отправление и как им распорядиться.

**Связь с большой ВМ.** Должна быть обеспечена возможность переслать разработанную на персональной ВМ непосильную ей программу (точнее, задание) на большую ВМ, а после окончания вычислений получить в свой архив их результаты.

**Трансляторы с универсальных языков программирования.** Их по-видимому, не должно быть много. Близок к идеалу для персональных ВМ язык Паскаль, но и Бейсик, Фортран, Лисп или Форт могут стать полезным в ряде случаев дополнением к Паскалю.

**Библиотека программ.** Она должна включать необходимые владельцу ПВМ программы

на названных языках, а также уже транслированные программы (вместе с описанием контекста, в котором велась трансляция). Библиотека должна сопровождаться несложными средствами организации программ в пакеты. Это обеспечит возможность формирования упоминавшихся выше композиций действий, выполняемых по библиотечным программам. Библиотека должна содержать также пакет программ для работы с лабораторным журналом.

Чтобы персональные вычислительные машины могли начать выполнять указанные функции, к их техническому оборудованию должны быть предъявлены следующие минимальные требования:

личный архив — не менее 5—10 Мбайт, из них не менее 1 Мбайт — в активном состоянии (т. е. на реально установленных дисках или лентах);

групповой архив — не менее 100—200 Мбайт, из них 10 Мбайт — в активном состоянии;

устройства вывода, особенно сложные, могут быть групповыми ввиду их дороговизны и не очень большой интенсивности работы с одной машиной. Желательно, однако, чтобы каждая ПВМ имела и индивидуальное устройство вывода, хотя бы с очень ограниченными возможностями.

Алфавитно-цифровой экран должен вмещать не менее 24 строк по 80 литер в каждой. При этом желательно деление экрана на две зоны регулируемого размера с независимым управлением содержимым каждой зоны. Одна из зон используется для обзора имеющегося текста, другая — для набора нового текста, в частности, команд редактирования.

Клавиатура нужна обычного для отечественных дисплеев типа. Желательно наличие 10—15 функциональных клавиш с программируемыми функциями.

Такая персональная вычислительная машина, если она появится, может пригодиться даже директору.

*Статья поступила 24 ноября 1983 г.*

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Девятков Б. Н., Демиденко. **Теория и методы управляемых распределенных процессов.** М.: Наука, 1983.

В книге рассматриваются вероятностный и детерминированный подходы к моделированию и управлению процессами с распределенными параметрами. Преимуществом предлагаемых методов является их конкретизация и прямая связь с задачами ма-

тематического и информационного обеспечения АСУ ТП для широкого класса технологических систем: теплообменных, ректификационных, плазменных и плазмохимических.

**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. 10 к.

В сборнике публикуются статьи и по следующему вопросу: физические

основы микроэлектроники, микропроцессоры, интегральные гибридные пленочные микросхемы, основы технологии ИС, оптоэлектроника, новые направления микроэлектроники. Основная часть выпуска посвящена рассмотрению современных представлений и тенденций развития полупроводниковых запоминающих устройств памяти на цилиндрических магнитных доменах, результатам исследования свойств дискретных полупроводниковых приборов.

Г. Р. Громов

## Персональные вычисления — новый этап информационной технологии \*

Дружественное программное обеспечение персональных компьютеров и существенная доза «игровой начинки» в их архитектуре позволили разрушить информационный барьер, отделявший до последнего времени специалистов различных отраслей народного хозяйства от вычислительных ресурсов, создать технологические предпосылки, необходимые для организации массового процесса автоформализации профессиональных знаний.

Персональный компьютер — инструмент, который позволит формализовать и сделать широко доступными для автоматизации многие из все еще трудноформализуемых процессов в самых различных областях человеческой деятельности: экономике, технологии, медицине и т. д.

### Три этапа информационной технологии: эволюция критериев

Тридцать лет назад в октябрьском номере «Proc. IRE» за 1953 год создатель теории информации американский математик Клод Шеннон писал: «... наши вычислительные машины выглядят как ученые-схоласты. При вычислении длинной цепи арифметических операций ЦВМ очень значительно обгоняют человека. Когда же пытаются приспособить ЦВМ для выполнения неарифметических операций, они оказываются неуклюжими и неприспособленными для такой работы» [1].

**I этап: машинные ресурсы.** Отмеченные К. Шенноном функциональные ограничения, а также устрашающая стоимость первых ЭВМ полностью определяли основную задачу информационной технологии 50-х, начала 60-х годов — повышение эффективности обработки данных по уже формализованным или легко формализуемым алгоритмам.

Машин было мало, а нерешенных актуальных задач счетного характера — более, чем достаточно. Для ускорения процесса кодирования машинных задач по ранее формализованным алгоритмам, в основном математическим, были созданы алгоритмические языки программирования типа Алгол, Фортран и др. Общие затраты на программирование составляли лишь несколько процентов от стоимости аренды ЭВМ, поэтому центральной задачей технологии программирования на этом этапе оставалась экономия машинных ресурсов (машинное время и память).

Основная цель состояла в снижении общего числа машинных тактов, необходимых для выполнения той или иной программы в уменьшении объема занимаемой памяти. Затраты на обработку данных находились почти в прямой зависимости от затраченного на них машинного времени. Вся организация вычислительного процесса была целиком подчинена главной задаче — загрузке

\* Статья представляет собой сокращенный вариант одной из глав монографии Г. Р. Громова «Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации». Книга выходит из печати в издательстве «Наука» в IV кв. 1984 года (см. раздел «На книжной полке» на стр. 92 этого номера)

процессор ЭВМ так, чтобы просчитать возможно больше за единицу машинного времени. В наибольшей степени решению поставленной на этом этапе развития технологии программирования задачи способствовали операционные системы, ориентированные на пакетный режим обработки данных, а наиболее эффективным достижением технологии программирования явилось создание оптимизирующих трансляторов.

**II этап: программирование.** Начиная с середины 60-х годов, начался второй этап развития информационной технологии, который продолжался до начала 80-х годов и впервые потребовал коренного пересмотра сложившихся критериев функционирования вычислительных средств. К этому времени относительный вес машинного времени в общих расходах на обработку данных начал неуклонно снижаться. Машинное время перестало быть основным фактором в оценке затрат на обработку данных. Успехи в развитии электроники вели к быстрому снижению удельной стоимости машинной операции и байта оперативной памяти, тогда как расходы на разработку и сопровождение программ почти не снижались, а в ряде случаев имели тенденцию к росту. От технологии эффективного исполнения программ к технологии эффективного программирования — так можно было определить общее направление смены критериев эффективности в течение следующего пятнадцатилетнего этапа развития вычислительной техники, который протекал с середины 60-х до начала 80-х годов. Решению этой задачи способствовало развитие интерактивных систем отладки, появление режима разделения времени и т. д.

Таким образом, 10 лет спустя после первых успешных попыток подчинить ресурсы ЭВМ задаче автоматизации труда программистов (создание трансляторов с языков высокого уровня), экономия человеческих, а не машинных ресурсов стала, наконец, центральной задачей технологии программирования. При этом одним из основных критериев эффективности информационной технологии оказался «мифический человек-месяц» [2]. Считалось, что «технология разработки программ идет в своем развитии по пути от одиночных малых групп ассов-программистов к будущей «земле обетованной» автоматизированных фабрик с поточными линиями, выпускающими программы. Вопрос состоит в том, — осторожно заканчивал свой прогноз Р. Гласс, — на каком этапе этого пути мы сейчас находимся» [3]. Большая часть экспертов оценивала существовавший в 70-х годах уровень как фазу «кустарного производства» с хорошими шансами на медленный, но устойчивый прогресс в течение ближайших десятилетий.

Наиболее известным результатом этого первого радикального пересмотра критериев технологии программирования стала созданная в начале 70-х годов ОС UNIX. «Операционную систему UNIX, с самого начала ориентированную на повышение эффективности труда программистов, разработали сотрудники «Белл Лэбс» Кеннет Томпсон и Деннис Ритчи, которых совершенно не удовлетворяли имеющиеся примитивные средства проектирования программ, ориентированные на пакетный режим» [4]. На рубеже 80-х годов ОС UNIX рассматривалась уже как классический образец ОС, не только в университетских вычислитель-

ных центрах США, откуда она начала свое триумфальное шествие на мини-ЭВМ серии РДР-11 в середине 70-х годов, но и ведущими промышленными фирмами — производителями программного обеспечения. Популярность системы UNIX особенно возросла после появления 16-разрядных микропроцессоров 8086, Z8000, M68000, для каждого из которых почти немедленно была разработана и в настоящее время поставляется ее версия.

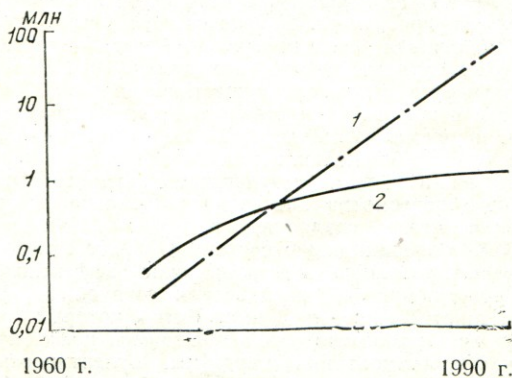
**III этап: формализация знаний.** На рисунке показано, как меняется соотношение численности профессиональных программистов и мировой парк ЭВМ. Если до середины 70-х годов у каждой ЭВМ работал, по крайней мере, один профессиональный программист, то уже к концу 1983 года в подавляющем большинстве случаев (в 9 случаях из 10) за пультом ЭВМ находился не программист, а «непрограммирующий профессионал» [5]. Так обычно называют специалиста, профессионально владеющего «тайнами ремесла» в конкретной предметной области, где может быть полезна ЭВМ, но не имеющего профессиональной подготовки в области вычислительной техники и программирования.

Настоящая микроЭВМ, ориентированная на разработку и исполнение прикладных программ «непрограммирующим профессионалом», получила название персонального компьютера, а соответствующий режим использования вычислительной техники — режим персональных вычислений.

Персональный компьютер, как правило, имеет развитые средства самообучения пользователя-новичка работе за пультом; гибкие средства защиты от его ошибок, и, самое главное, все аппаратно-программные ресурсы такой ЭВМ подчинены одной «сверхзадаче» — обеспечить «дружественную реакцию» машины на любые, в том числе неадекватные, действия пользователя.

**Основная задача персональных вычислений — формализация профессиональных знаний — выполняется, как правило, полностью самостоятельно «непрограммирующим профессионалом»,** или при минимальной технической поддержке программиста, который в этом случае имеет возможность включаться в процесс формализации знаний только на инструментальном уровне, оставляя наиболее трудную для его понимания содержательную часть задачи специалисту в данной предметной области.

Обычно уже первая попытка формализовать профессиональные знания позволяет, в случае успеха, автоматизировать ту сравнительно понятную для алгоритмизации рутинную часть выполняемой специалистом работы, которая отнимает, по оценкам, более 75% рабочего времени. Если учесть, что в сфере обработки информации занято около 50% трудоспособного населения промышленно развитых стран [6, 7], то нетрудно оценить ожидаемый народно-хозяйственный эффект массового внедрения режима персональных вычислений.



Динамика мирового парка универсальных ЭВМ (1) и общей численности профессиональных программистов (2)

4—8 мая 1981 года в Лондоне под руководством Дж. Мартина был проведен тематический семинар «Разработка прикладных программ без программистов» [8], на котором впервые специально обсуждался круг вопросов, связанных с этим принципиально новым и по мнению организаторов семинара «революционным» подходом к использованию вычислительных средств. Однако, сам Дж. Мартин при этом придерживается концепции централизованной обработки данных. Возможности применения мини-ЭВМ упоминались им лишь в качестве жупела, кары, навлекаемой на профессиональных программистов из-за неправильной стратегии организации вычислительного процесса на большой ЭВМ.

В начале 80-х годов был разработан ряд программных решений, технологических приемов и технических средств для организации режима персональных вычислений, однако, по-видимому, пройдет еще заметный период времени прежде, чем будет найден аналогичный системе UNIX в 70-х годах эталон решения центральной задачи 80-х годов в области технологии программирования — инструментальная система для формализации профессиональных знаний. Как превратить ЭВМ в эффективный инструмент программирования для непрограммирующих профессионалов? — это актуальный вопрос технологии программирования в 80-е годы, от ответа на который в первую очередь зависят масштабы и эффективность внедрения вычислительной техники в народное хозяйство.

Новый этап информационной технологии обычно называют «эрой персональных вычислений», но, вероятно, более точно его можно определить как этап автоматизации профессиональных знаний. С началом 80-х годов этот этап приходит на смену первым этапам развития вычислительной техники, основу которых составляла технология программирования формализованных знаний.

Подобно тому, как за последние 300 лет интенсивного развития промышленности, в топках теплоэнергетических установок была сожжена значительная часть органического топлива, накопленного в земной коре за сотни миллионов лет, так за последние 30 лет развития вычислительной техники оказалась закодированной в машинные программы, заметная часть того запаса ранее формализованных знаний который был накоплен человечеством за последние 300 лет интенсивного развития точных наук.

После того, как показалось «доньшко» в мировых запасах органического топлива, начался интенсивный поиск так называемых альтернативных источников энергии. Аналогичным образом после исчерпания значительной части формальных алгоритмов обработки данных\*, заготовленных за последние столетия быстрого развития точных наук, дальнейшее развитие информационной индустрии потребовало разработки альтернативной информационной технологии — технологии автоматизации профессиональных знаний.

Известно, что, например, в США, где производится более половины всего объема средств вычислительной техники капиталистических стран, а с ЭВМ в профессиональной деятельности сталкивается около 50% трудоспособного населения, численность профессиональных программистов составляет менее 0,5% трудоспособного населения. Поэтому трудно ожидать, что программисты смогли бы самостоятельно решить задачу формализации профессиональных знаний в быстро растущем числе самых разнообразных областей приложений ЭВМ. С учетом сложившихся к началу 80-х годов тенденций в относительном росте числа устанавливаемых ЭВМ и численности программистов (см. рисунок); становится очевид-

\* Готовых алгоритмов для автоматизации конторских работ, промышленного производства, экспериментальных исследований и других, по определению К. Шеннона «неарифметических» приложений ЭВМ не существует...



ным, что реальные возможности профессиональных программистов в ближайшем будущем будут ограничиваться разработкой базовых средств и лишь наиболее универсальных пакетов программ для поставляемых ЭВМ. Все, что могут сделать профессиональные программисты для решения центральной задачи информационной технологии 80-х годов — формализации знаний — это попытаться создать типовую технологию (или спектр типовых технологических приемов, например, по основным проблемным областям) для автоформализации профессиональных знаний, т. е. разработать инструментальные средства, облегчающие непрограммирующим профессионалам процесс самостоятельной формализации их индивидуальных знаний.

Методы формализации профессиональных знаний, технологические приемы и инструментальные средства для их реализации существенно различаются в зависимости от конкретного класса используемых вычислительных средств. Кратко рассмотрим основные этапы технологической эволюции типов ЭВМ, которые привели к созданию наиболее эффективного в 80-х годах инструмента формализации знаний — персонального компьютера.

### Универсальные ЭВМ для специализированных применений: мини-, микро-, персональные ЭВМ

На первых этапах развития ЭВМ разделялись на два принципиально различных класса: универсальные и специализированные. Эта простая и ясная структура вычислительных средств была разрушена с появлением мини-ЭВМ.

**Мини-ЭВМ.** В начале 60-х годов были сделаны первые попытки отказаться от создания очередных цифровых контроллеров узкоспециального назначения, заменив их таким универсальным процессором, который мог бы (по своим технико-экономическим характеристикам и эксплуатационным параметрам) быть использован в самых различных задачах обработки информации. Были основания предполагать, что рынок для такого универсального контроллера окажется достаточно широким, чтобы оправдать резко возрастающие (из-за дополнительных требований универсальности) начальные затраты на его разработку.

За рубежом наиболее успешной из такого рода попыток оказалась разработка фирмы DEC. В 1963 году на рынке вычислительной техники появился универсальный контроллер типа PDP-5. За два года было выпущено около ста экземпляров таких контроллеров. Одним из первых его практических применений было выполнение функций спецконтроллера в контуре управления ядерным реактором. С 1965 года фирма начала выпуск усовершенствованной версии — PDP-8. С этим изделием фирмы DEC и связывают появление в 1968 году термина «мини-ЭВМ». Мини-ЭВМ типа PDP-8 стали первым массовым изделием этого класса: в начале 70-х годов их общий тираж превысил 100 тыс. экземпляров [9].

Итак, на этапе формирования нового класса вычислительных средств мини-ЭВМ рассматривались как универсальные устройства преобразования информации, выпускаемые для специализированных применений [10].

**Функциональные отличия: большие и мини-ЭВМ.** Мини-ЭВМ должны удовлетворять следующим требованиям, выходящим за рамки традиционно предъявляемых к большим ЭВМ: быть достаточно дешевыми, чтобы массовый пользователь мог себе позволить приобрести их для решения узкоспециальных задач; достаточно надежными для работы в контуре управления; иметь необходимую функциональную гибкость, которая позволяла бы выполнять их проблемную ориентацию на широкий круг задач без чрезмерных трудозатрат со сторо-

ны пользователей; обладать свойством полной архитектурой «прозрачности», т. е. структура и функции устройства должны быть, по возможности, легко понятны пользователю.

Что получила каждая из сторон — изготовитель и пользователь — от такого решения?

**Преимущества.** Пользователи получили возможность приобретать на промышленном рынке готовый универсальный полуфабрикат специализированного устройства, чтобы непосредственно на объекте автоматизации запрограммировать его на конкретный тип применений\* и избежать тем самым длительной процедуры взаимодействия с промышленностью по созданию почти с нуля каждого отдельно заказываемого устройства обработки информации (например, контроллеров для измерительных или управляющих систем). Изготовители могли перейти от выпуска единичных и мелкосерийных устройств, выполняемых каждый раз по новым спецификациям заказчика, к массовому выпуску изделия стандартизированной структуры со всеми связанными с этим известными технологическими и экономическими преимуществами.

**Недостатки.** Как известно, за любые преимущества необходимо платить. В данном случае все негативные аспекты универсальности воспринимает только пользователь. Чем приходится расплачиваться пользователю за технологический комфорт изготовителя? Заключительная технологическая операция — проблемная ориентация универсального устройства на конкретную задачу пользователя — целиком перекладывается изготовителем на самого пользователя; функциональная избыточность универсального устройства на каждой отдельно взятой задаче означает его принципиальную, т. е. неустранимую неэффективность.

Чем изготовитель смягчает давление указанных проблем универсальности на пользователя? Неизбежные потери от функциональной избыточности уменьшаются снижением цены на универсальные встраиваемые контроллеры до уровня, при котором далеко не полное использование их функций весьма слабо отражается на экономической эффективности системы в целом. Трудности процесса ориентации универсального устройства на конкретную задачу пользователя облегчаются поставкой средств программной и аппаратной поддержки (ОС реального времени, трансляторы, развитая периферия и т. д.).

**Варианты поставки и основные группы потребителей мини-ЭВМ.** Через несколько лет после начала массового выпуска мини-ЭВМ сложились две основные группы их потребителей и соответственно два существенно различных варианта поставки.

К первой группе относятся промышленные предприятия, выпускающие сложные управляющие комплексы, в которые универсальный процессор входит в качестве одного из комплектующих блоков. Эти так называемые OEM (Original Equipment Manufacturers) — поставки выполняются, как правило, крупными партиями по соответствующим сниженным ценам и нередко в конструктивно незавершенном исполнении (например, не обязательно в корпусе).

Вторую группу образуют так называемые конечные пользователи (end users), приобретающие мини-ЭВМ для решения конкретных задач автоматизации обработки информации в технологических процессах, научных исследованиях и т. д.

Если характер использования мини-ЭВМ первой группой потребителей эволюционизировал относительно медленно, то основная группа конечных пользователей начала радикально изменять как режимы, так и области применения мини-ЭВМ уже через несколько лет после начала их активной эксплуатации. По мере рас-

\* Существенно отметить, что в начале 60-х годов стоимость аппаратуры обработки данных во много раз превосходила затраты на их программирование.

ширения номенклатуры периферийного оборудования и совершенствования программного обеспечения мини-ЭВМ все более заметная часть общего контингента пользователей начала применять их далеко за пределами установленных изготовителем штатных функций программируемого контроллера. На рубеже 70-х годов использование мини-ЭВМ в режимах, традиционных для больших ЭВМ, стало практически повсеместным.

Зона частичного совпадения областей применения мини- и больших ЭВМ быстро увеличивалась, и, с появлением супер-мини на верхнем краю спектра мини-ЭВМ в начале 70-х годов произошло их полное перекрытие по выполняемым функциям (мультипрограммирование, в том числе режим разделения времени и т. д.).

Итак, к концу 60-х годов с термином мини-ЭВМ связывали уже два существенно различных типа средств вычислительной техники:

— универсальный блок обработки данных, серийно выпускаемый для применения в различных специализированных системах контроля и управления;

— небольших габаритов универсальную ЭВМ, проблемно-ориентированную пользователем на решение ограниченного круга задач в рамках одной лаборатории, технологического участка и т. д., т. е. задач, в решении которых оказывались заинтересованными 10—20 человек, работавших над одной проблемой.

**Микропроцессоры и микроЭВМ.** Следующий структурный уровень «универсальных вычислительных средств для специализированных применений» начинает формироваться на рубеже 70-х годов, когда успехи полупроводниковой технологии конца 60-х годов привели к созданию БИС, и, таким образом, впервые появилась реальная технологическая возможность создать универсальный процессор на одном кристалле.

**Истоки.** Термин микропроцессор за рубежом связывают с известной разработкой, которую фирма Intel выполняла в 1969 году по заказу одной из японских компаний. На одном из первых этапов разработки изготовитель предложил вместо очередного специализированного набора БИС с жесткой логикой создать универсальный процессор на кристалле, который мог быть запрограммирован затем на выполнение заданных в спецификации заказчика функций. Фирма Intel завершила разработку первого микропроцессора в июне 1971 года.

**Основные концепции.** Один из основателей фирмы Intel Г. Мур следующим образом определял поставленную тогда цель: необходимо было «создать стандартный логический блок, конкретное назначение (функцию) которого можно было определить после его изготовления...». Он поясняет, что «идея создания стандартных логических цепей, функции которых определяются впоследствии с помощью программного обеспечения может быть и не нова для промышленности, производящей универсальные ЭВМ, но ее внедрение в производство компонентов является новым и приводит к коренным преобразованиям». По его мнению, ключ успеха микропроцессоров — в «быстром снижении стоимости в пересчете на выполняемую функцию, ибо этот фактор всегда был основной движущей силой развития технологии... Технология получила возможность развиваться в направлениях, которые ранее были закрыты из-за того, что мы не могли определить широко применимые функции» [11].

**Дистанция в масштабах производства мини- и микроЭВМ.** В течение 70-х годов наблюдаемая эволюция микропроцессорной техники — микропроцессоры, микроЭВМ, персональные ЭВМ — в основном напоминала пройденные в 60-х годах этапы развития мини-ЭВМ: от встраиваемых контроллеров к функциям универсальных ЭВМ в системах распределенной обработки данных. Однако впечатляла разница в масштабах. Если за первые 10 лет развития производства мини-ЭВМ их общий парк находился в пределах 200 тыс.

экземпляров, то через десять лет после начала коммерческого производства микропроцессоров одна лишь автомобилестроительная фирма General Motors устанавливала в своих изделиях 25 тыс. микропроцессоров в день [12]. Общий объем мирового производства оценивался к 1984 году на уровне 200 млн. микропроцессоров в год\*. Эта оценка характеризует рынок, образуемый в основном OEM-потребителями микропроцессоров [13].

Если мини-ЭВМ, приобретаемые для работы с конечными пользователями, имело смысл ориентировать на проблему, в которой были заинтересованы, по крайней мере, 10—30 сотрудников (например, исследовательская группа или лаборатория, технологический участок, небольшая контора и т. д.), то универсальная микроЭВМ уже может стать индивидуальным инструментом, т. е. персональной ЭВМ. Объем мирового производства персональных ЭВМ измеряется в настоящее время на уровне 10 млн. экземпляров в год, а суммарный объем продаж персональных ЭВМ к 1987 году более, чем на 50% превысит объем продаж больших ЭВМ [14].

**Аппаратура и программы: сдвиг акцентов.** Концепция «универсального процессора для специализированных применений» закладывалась в архитектуру мини-ЭВМ начала 60-х годов, когда стоимость программирования была почти на порядок ниже стоимости аппаратных средств обработки данных. Поэтому в то время массовый выпуск универсальных на аппаратном уровне устройств, которые пользователю предстояло запрограммировать на конкретную задачу, был экономически достаточно обоснован. В настоящее время ситуация противоположная — стоимость программирования в среднем в 2—3 раза превышает (за время жизни изделия) стоимость начальных затрат на приобретение аппаратуры [15]. Поэтому вопрос персональной ориентации универсальных микропроцессорных средств на конкретные задачи отдельных пользователей становится все более актуальным и требует создания принципиально новой технологии программирования. Сущность назревающих в этой области трудностей достаточно точно отражает фраза, ставшая крылатой среди зарубежных потребителей микропроцессорной техники: «70-центовой кристалл порождает 100-долларовые проблемы».

**Два типа микропроцессорных средств.** Последовательная реализация принципа «универсальных ЭВМ для специализированных применений» на уровне компонентов привела к формированию двух новых типов вычислительных средств, которые можно определить следующим образом:

— микропроцессор — массовый универсальный преобразователь информации, основное назначение которого — рассредоточение машинного «интеллекта» до уровня блоков, узлов и отдельных деталей специализированных систем контроля и управления, с целью повышения их эффективности и расширения функциональных возможностей;

— микроЭВМ в режиме индивидуальной диалоговой системы, т. е. персональный компьютер (ПК) — массовый инструмент «усиления природных возможностей человеческого разума» [16].

**Проблемно-ориентируемые мини-ЭВМ и ПК.** Различия между встраиваемыми в специализированные системы микропроцессорами и мини-ЭВМ (в OEM-исполнении) впечатляют разницей в масштабах и эффекте внедрения (по порядку величин эта разница масштабов уже достигает  $10^3$  и быстро растет), однако существенно более принципиальной оказывается качественная разница между мини-ЭВМ в режиме диалогового проблемно-ориентированного комплекса (а это был

\* В том числе: 70% составляют 4-разрядные микропроцессоры, 25% — 8-разрядные и 5% — 16-разрядные [13].

наиболее массовый режим использования универсальных мини-ЭВМ в 70-е годы) и микроЭВМ в исполнении ПК.

Отметим основные функциональные отличия этих двух поколений «универсальных ЭВМ для специализированных применений» при их использовании в диалоговом режиме.

Диалоговый проблемно-ориентированный комплекс на базе мини-ЭВМ обеспечивает режим эффективного включения профессиональных навыков пользователя в процессе управления пакетом прикладных программ, который, как правило, содержит некоторую часть ранее формализованных программистом профессиональных знаний пользователя.

Индивидуальная диалоговая система на базе микроЭВМ или ПК, кроме выполнения отмеченных выше функций проблемно-ориентированного комплекса, позволяет широкому кругу пользователей самостоятельно начать процесс формализации своих профессиональных знаний.

### Феномен персональных вычислений

ПК — первый массовый инструмент активной формализации профессиональных знаний. По возможному влиянию на развитие индустриально-развитого общества феномен персональных вычислений сравнивают с началом эры всеобщей грамотности, которая стала возможной после изобретения книгопечатания [17—19]. Развивая эту аналогию, существенно отметить, что если книга была и остается средством массового тиражирования и пассивного хранения знаний, то ПК является первым инструментом непосредственного активного включения формализованных профессиональных знаний в производственный процесс. Через 150 лет после изобретения книгопечатания Фрэнсис Бэкон выдвинул тезис, ставший с тех пор крылатым: «знание — сила». Однако потребовалось почти 400 лет стимулируемого книгопечатанием развития науки и технологии прежде, чем был создан первый массовый индивидуальный инструмент для непосредственного преобразования профессиональных знаний в активную производственную силу — в программы ПК.

Что такое персональный компьютер? Конструктивно ПК — это настольный\* прибор в габаритах массового телевизора. В едином корпусе собраны микроЭВМ, постоянная и оперативная память, клавиатура, экран, гибкий диск или кассетный магнитофон. Иногда какой-либо из этих блоков, например, клавиатура, выполняется в отдельном корпусе. Предусматривается возможность подключения малогабаритной печати, измерительной аппаратуры, а также выход на каналы связи.

Отличительная особенность программного обеспечения ПК — все «болты и гайки» операционной системы упрятаны внутрь. Ресурсы ЭВМ доступны пользователю на языке высокого уровня. Обычно это система Бейсик, которая включает простой, доступный диалоговый язык программирования, редактор и командный язык. Основная задача, которая решается создателями программного обеспечения ПК — освободить пользователя от необходимости пробиваться к вычислительным ресурсам через джунгли языков управления заданиями, командных процедур и другого нагромождения операционных систем больших ЭВМ.

Как показали уже первые исследования социальной структуры пользователей ПК для инженеров — это

\* К началу 80-х годов были созданы и в настоящее время получают все более широкое распространение также портативные, в том числе и карманные варианты ПК (handheld computers) [20, 21].

личная ЭВМ с «дружественным» программным обеспечением (friendly software), которое позволяет им самым запрограммировать наиболее интересные задачи, смысл которых нередко ускользал при попытке сформулировать их программисту.

Открытие феномена ПК в США связывают с именем Стива Джобса — одного из руководителей и основателей фирмы Apple Comp. В 1980 году он определял этот тип ЭВМ, как индивидуальный инструмент для усиления природных возможностей человеческого разума. В середине 1981 года С. Джобс попытался раскрыть смысл этой формулировки с помощью простой аналогии. «Однажды, — напоминает он, — мне довелось разглядывать список из 100 видов животных, расположенных по уровню эффективности, с которой они используют свою мускульную энергию для передвижения. На первом месте по эффективности в этом списке находится кондор, а человек — в нижней трети списка. В то же время известно, что человек, который едет на велосипеде, по эффективности использования мускульной энергии намного превосходит всех известных животных, включая кондора» [22].

По мнению С. Джобса, ПК выполняет для человека те же инструментальные функции повышения эффективности, что и велосипед, но в иной, немеханической сфере человеческих возможностей. Итак, ПК — это первый в истории индивидуальный инструмент, который позволяет заметно увеличивать эффективность интеллектуальной деятельности человека.

В приведенной С. Джобсом аналогии существенно подчеркнуть два принципиальных обстоятельства. Здесь речь идет не об автоматическом переключении природных возможностей любого владельца ПК на какой-то более высокий уровень интеллектуальной мощи. Разумеется, этого не происходит. ПК, как, впрочем, и велосипед, не уравнивает интеллектуальные возможности людей, как например, автомобиль уравнивает их физические возможности к передвижению. И ПК, и велосипед лишь усиливает эффективность использования человеком его природных данных. При этом уже существующая разница усиливается и может оказаться в абсолютном значении даже заметно большей, чем исходная.

С другой стороны, дистанция по шкале профессиональной производительности между людьми, близкими по своим возможностям, из которых один вооружен соответствующим инструментом, а второй безоружен, будет, очевидно, быстро увеличиваться. Именно это обстоятельство в значительной степени объясняет наблюдаемые за последние 10 лет высокие (экспоненциальные) темпы роста годового объема продаж ПК.

Парк ПК: темпы роста. Отдельные экземпляры ПК начали появляться в 1973 году и воспринимались как дорогостоящие экзотические игрушки. В 1976 году было продано 20 тыс. ПК, причем три четверти из них уже тогда купили те, кто рассчитывал использовать их не в сфере досуга, а в своей профессиональной деятельности: инженеры и техники, коммерсанты, конторские служащие, медики, преподаватели и т. д. В 1977 году число установленных ПК достигло 50 тыс., в 1982 году оценивалось на уровне 5 млн., в 1983 году — на уровне 10 млн. [23, 24]. Темпы роста этого сектора рынка вычислительной техники США характеризует рост фирмы Apple Comp., основанной в 1977 году двумя техническими фирмами Atari Inc. Стивом Джобсом и Стивом Возняком с общим капиталом в 2,5 тыс. долл. По оценкам, к 1984 году, т. е. спустя 6 лет после основания фирмы, годовой объем продаж ПК Apple Comp. превысит 1 млрд. дол. Для сравнения отметим, что лидер в области мини-ЭВМ фирмы DEC, которая с 1981 года вышла на второе место после IBM по объему продаж вычислительной техники в капиталистическом мире, преодолела миллиардный рубеж в 1977 году спустя 20 лет после своего основания, а фирме IBM, основанной в 1911 году, потребовалось для этого около 50 лет.

## Классификация персональных ЭВМ

Феномен персональных вычислений (personal computing) вызвал к жизни ряд аппаратно-программных решений, которые к настоящему времени можно разделить на три основные группы:

- бытовые персональные ЭВМ (home computer);
- профессиональные персональные ЭВМ (personal computer);
- персональные вычислительные системы (personal computer system).

Бытовые персональные ЭВМ используются в качестве домашнего информационного центра: развлечения (от остросюжетных до познавательных игр); машинные учебные курсы для детей и подростков, курсы иностранных языков и другие образовательные программы; доступ к общественным информационным фондам по телефонным каналам или каналам кабельного телевидения\*.

Профессиональные персональные ЭВМ сначала нашли наиболее широкое применение в области автоматизации конторских операций (обработка текстов, автоматизация делопроизводства, электронная почта и т. д.), но постепенно все более широко проникают также в область индивидуальной обработки инженерной, экономической, медицинской информации; преподавательской деятельности в вузах и школах; обеспечивают оперативный доступ через локальные сети к отраслевым, региональным и национальным информационным ресурсам.

Персональные вычислительные системы применяются в практике лабораторных научных экспериментов; в качестве информационного ядра гибких систем автоматизации производственных процессов.

**Отличительные признаки.** По конструктивным признакам в первые две группы (бытовые и профессиональные) входят настольные ЭВМ, выпускаемые изготовителем в полностью конструктивно завершенном исполнении. Развитие этой группы персональных ЭВМ с ростом квалификации пользователя и соответствующим повышением сложности решаемых задач, идет, как правило, по пути приобретения дополнительных внешних устройств, трансляторов, пакетов и т. д. Вторую и третью группы функционально объединяет ориентация на пользователя-профессионала, т. е. такого пользователя, у которого интерес к персональным вычислениям определяется прагматическим желанием расширить свои профессиональные возможности, а в ряде случаев и творческий потенциал, опираясь на новый индивидуальный инструмент, автоматизирующий процессы обработки данных, подготовки текстов, анализа графиков и т. д.

Как правило, профессионал-пользователь предъявляет к ПК прежде всего требование автоматизировать рутинную часть выполняемой им работы. Только накопив опыт успешного решения этой первой задачи персональных вычислений, пользователь начинает попытки формулировать в уже сложившемся «творческом союзе с ЭВМ» (за рубежом принято определение «симбиоз с ЭВМ») более сложные задачи, которые ранее были в принципе не под силу невооруженному разуму.

Наконец, последнюю из перечисленных трех групп инструментов персональных вычислений, отличают от первых двух следующие признаки:

- конструктивная незавершенность в рамках согласованной или стандартизированной модульной структуры на этапе поставки изготовителем, что позволяет органично сочетать вычислительные средства с уже сложившимся приборным окружением пользователя (технологический участок, исследовательская лаборатория и т. д.), а также гибко наращивать аппаратные ресур-

\* Согласно данным переписи 1970 года, приведенным в работе [25], телевидение в домах американцев было распространено больше, чем ванны.

сы системы по мере усложнения реально возникающих задач;

- развитые средства аппаратно-программной технологической поддержки, необходимые для сопряжения микроЭВМ с конкретной аппаратурой сбора данных и управления, применяемой пользователем;
- иерархия уровней интерактивности программного обеспечения микроЭВМ (инструментальный, отладочный, эксплуатационный и т. д.).

В последнюю группу инструментов персональных вычислений попадают вычислительные системы, занимающие промежуточное положение между персональными и встраиваемыми (ОЕМ) микроЭВМ. От первых они отличаются конструктивной незавершенностью: «вживлением» отдельных блоков, а иногда и узлов, микроЭВМ в подсистемы экспериментальной установки, технологического участка и т. д. От вторых — диалоговым режимом работы, возможностью непосредственно на автоматизируемом объекте модифицировать старые и разрабатывать новые алгоритмы обработки данных, перепрограммировать установку на диалоговом языке высокого уровня, чтобы иметь возможность постоянно отслеживать меняющийся круг профессиональных интересов (или производственных задач) отдельного пользователя.

**Покорения ПК.** Среди сотни фирм, занятых к началу 80-х годов в капиталистических странах производством ПК, по годовому объему производства с заметным отрывом от остальных шли три лидера этого сектора вычислительной техники: Tandy, Apple Comp., Commodore Int. (табл. 1). На их долю приходилось тогда свыше 50% мирового объема продаж ПК. Существовало, что до открытия в середине 70-х годов феномена ПК ни одна из этих фирм вообще не была известна в индустрии ЭВМ.

Традиционные лидеры американской индустрии ЭВМ, входящие в так называемую большую семерку (занимающие места с 1 по 7 в списке 100 крупнейших производителей ЭВМ в США), заметили этот сектор вычислительной техники лишь на рубеже 80-х годов, когда суммарный объем продаж ПК начал измеряться миллиардами долларов. Первой из больших фирм вошла в «клуб ПК» динамично развивающаяся фирма Hewlett-Packard, которая предложила в конце 70-х годов модель HP-85. В 1981 году появилась IBM personal computer, которым фирма IBM убедительно заявила о своих претензиях на львиную долю и этого сектора рынка

Таблица 1

Динамика роста первых трех фирм сектора ПК американской индустрии ЭВМ

Год	Место фирмы (rank) в списке крупнейших производителей ЭВМ			Суммарный объем продаж ПК трех фирм, млн. дол.
	Tandy	Apple Comp.	Commodore Int.	
1978	58	100	94	90
1979	40	65	71	280
1980	35	47	66	500
1981	21	23	51	1000
1982	16	19	29	1800

Примечание. По данным журнала Datamation, 1980, № 7, р. 96—99; 1981, № 6, р. 94—95; 1982, № 6, р. 106—107; 1983, № 6, р. 96—99.

Таблица 2

ПК первого поколения — 8-разрядные ЭВМ (время разработки 1976—1977 годы)

ПК		Микропроцессор	
тип	изготовитель	тип	изготовитель
TRS-80	Tandy	Z80	Zilog
«Apple-II»	Apple Comp.	6502	MOS Technology
«Pet»	Commodor Int.		

Таблица 3

ПК второго поколения — 16-разрядные ЭВМ (время разработки 1980—1981 годы)

ПК		Микропроцессор	
тип	изготовитель	тип	изготовитель
«IBM Personal Computer»	IBM	8088	
«Rainbow-100»		Z80A, 8088	
«Professional 350/325»	DEC	T11 (PDP-11/23)	

Примечание: По данным журнала «Электроника», 1982, № 10, с. 10—11; 1982, № 6, с. 81—84.

ЭВМ. Наконец, в 1982 году в эту гонку включилась фирма DEC [26—28].

В табл. 2 приводятся некоторые сведения о популярных моделях первого (8-разрядные), а в табл. 3 — второго (16-разрядные) поколений ПК. Чтобы не перегружать таблицы быстростареющей информацией о номенклатуре ВУ и другими деталями конкретной конфигурации ПК, отметим лишь наиболее характерные отличия ПК второго поколения: включение в базовую конфигурацию ПК, кроме гибких дисков, малогабаритных дисков большой емкости типа Винчестер; увеличение пределов оперативной памяти ПК до 0,256—2 Мбайт; графика высокого разрешения; эффективные аппаратно-программные решения проблемы программной совместимости для различных серий и поколений ПК. Остановимся несколько подробнее на последнем из перечисленных выше, наиболее принципиальном отличии в архитектуре ПК второго поколения.

### Программная совместимость ПК

Аппаратные решения. Пионером здесь выступила, как это нередко случалось и в прошлом, фирма DEC. ПК типа «Rainbow-100» этой фирмы имеет два микропроцессора, которые работают под управлением, так называемой гибридной операционной системы CP/M-86/80. «Rainbow-100» обладает принципиально новым качеством, которое разработчики определяют, как форматочувствительность (softsense), позволяющем ОС типа CP/M-86/80 автоматически определять процессор для выполнения загружаемой программы: программы, написанные для ОС типа CP/M-80, исполняются на

8-разрядном Z80, а CP/M-86 — на 16-разрядном микропроцессоре 8088 [26, 27].

Фирма Tandy предложила в том же 1982 году ПК типа TRS-80 Model 16, содержащий микропроцессоры Z80A и M68000. Однако этот ПК может, в отличие от «Rainbow-100», работать поочередно лишь в одном из двух переключаемых вручную режимов: режим ПК типа TRS-80 Model II для 8-разрядных программ компьютеров TRS-80 первого поколения; режим TRS-80 Model 16, для программ, написанных для мощного 16-разрядного микропроцессора M68000 [29].

Вызов брошенный фирмой DEC лидерам ПК-сектора вычислительной техники США, приняла фирма Commodore Int. Представитель фирмы объявил весной 1982 года, что они работают над созданием ПК, ценой не более 1000 долл., который позволял бы эмулировать системы команд существующих ПК фирм IBM, Tandy, Apple Comp. Ведущие изготовители ПК встретили это заявление скептически. По мнению президента фирмы Apple Comp., весьма проблематичной представляется не только возможность создания сейчас такого устройства, но и способность какой-либо из существующих фирм сопровождать его эксплуатацию: «Слишком трудно разработать, а тем более сопровождать прибор, распознающий тонкости используемых версий Бэйсика, форматов отдельных типов внешних носителей и различные методы реализации экранной графики» — считает он. Однако представитель фирмы Commodore Int., не вступая в дискуссию, настаивал, что ПК «Commodore-64» с такими характеристиками будет ими создан в ближайшее время [29].

Микропроцессор давно уже является одной из наиболее дешевых деталей ПК, поэтому простейшее решение программной совместимости, предлагаемое фирмой Tandy для TRS-80 Model 16 — переключение вручную типа используемого микропроцессора — оказалось и наиболее популярным. Ряд независимых поставщиков периферийного оборудования к ПК, так называемых третьих фирм, предлагают одноплатае микропроцессорные приставки к ПК, расширяющие их функциональные возможности для использования программного обеспечения ПК других типов. Например, учитывая огромный задел прикладных программ, созданный в 70-е годы на 8-разрядных микроЭВМ в самых различных областях приложений для ОС CP/M-80, фирма Small System Engineering предлагает пользователям различных «CP/M-несовместимых ПК» одноплатаую приставку на базе микропроцессора Z80. ПК, к которому подключается такая приставка, становится терминалом для одноплатаей микроЭВМ на базе Z80. Эта одноплатая микроЭВМ выполняет программы CP/M-80, в то время как аппаратные средства ПК при этом реализуют ввод-вывод и другие вспомогательные процедуры [30].

Фирма Microsoft одна из первых в США открыла возможности одноплатаых микроЭВМ-приставок к ПК и уже несколько лет поставляет для «Apple-II» плату «Z80 Softcard», чтобы дать возможность пользователям ПК типа «Apple» получить доступ к заделу прикладных программ CP/M-80 [31].

К 1982 году такие одноплатае микроЭВМ-приставки были созданы почти для всех типов наиболее популярных ПК. Одна лишь фирма Small System Engineering поставляла такие приставки для ПК фирм IBM, Commodore Int. и Sirius Technology. Приставка к «IBM personal computer» получила название IBM-80. Стоимость этой платы не достигает и 10% стоимости ПК фирмы IBM, но расширение функциональных возможностей ПК оказывается весьма заметным. Файлы одного типа, организованные под управлением ОС CP/M-80 и CP/M-86 идентичны по своей структуре. Поэтому, после подключения к ПК платы IBM-80 оказывается возможным не только исполнять программы CP/M-80, но и обмениваться файлами между прикладными программами, написанными в CP/M-80, CP/M-86 и MS-DOS [30].

Крупнейшая японская фирма Fujitsu Ltd., точно определив основную тенденцию развития ПК второго поколения, дебютировала в 1982 году на американском рынке ЭВМ с профессиональным ПК «Micro-16». Эта машина, ориентированная в основном на конторские применения, содержит микропроцессоры Z80 и 8088 и позволяет, соответственно, исполнять программы ОС CP/M-80, CP/M-86 и MS-DOS. Однако основной аппаратной «изюминкой» Micro-16 является 16-разрядная шина данных, которая представляет собой реализованный «в железе» призыв к третьим фирмам начать изготавливать для ПК типа «Micro-16» одноплатные микроЭВМ — приставки на основе микропроцессоров Z8000 и M68000. Для непосредственно используемых в «Micro-16» микропроцессоров Z80 и 18088 такая 16-разрядная шина не нужна (8088 имеет 8-разрядную шину, по которой 16-разрядные слова передаются разделенными во времени байтами). Поэтому заложенная в конструкцию ПК 16-разрядная шина имеет основным назначением сопряжение с ожидаемыми приставками, т. е. в отличие от назначения микропроцессора Z80 обращена не в прошлое, а в будущее (к 1982 году около 65% всего парка 16-разрядных микроЭВМ в США были изготовлены на базе микропроцессора M68000 [32]). Этой же цели служат шесть (!) свободных гнезд под сменные платы, предусмотренные в конструктиве «Micro-16»: одно для внешних микропроцессоров, а остальные для традиционных средств аппаратного расширения конфигурации ПК (расширение ОЗУ до 1 Мбайт; подключение контроллера локальной сети типа Ethernet и др.) [29, 33].

Наконец, чтобы завершить рассмотрение возможностей аппаратного подхода к проблеме программной совместимости ПК, отметим, что одноплатные микроЭВМ-приставки используются сейчас не только для того, чтобы позволить пользователям новой ЭВМ исполнять задел программ, написанных на старых ПК, но и наоборот. Например, упомянутая выше ЭВМ типа TRS-80 Model-16 изготавливается фирмой в двух вариантах: первый вариант — традиционный комплект ПК, ценой 5 тыс. дол.; второй — плата, ценой в 1,5 тыс. дол., которая вставляется в 8-разрядную ЭВМ типа TRS-80 Model II и расширяет ее возможности до TRS-80 Model-16 [29].

Таким образом, для пользователей ПК первого поколения снимается традиционный для больших и мини-ЭВМ вопрос «или-или»: или работать на старой ЭВМ, или ценой значительных капиталовложений переходить на новый уровень возможностей ЭВМ следующего поколения. Фирма Tandy предлагает решение «и». Сохранить старый задел аппаратных и программных средств и получить ценой незначительных (~30%) дополнительных вложений, пропуск в «новый мир» второго поколения ПК\*.

В заключение отметим, что к 1983 году этот технологический прием, рожденный в ПК-секторе индустрии ЭВМ, начал проникать в сектор мини-ЭВМ. Для популярной серии мини-ЭВМ типа PDP 11 фирма Logcraft начала поставлять одноплатную микроЭВМ-приставку UCP-11 с микропроцессорами Z80 [34]. Плата UCP-11 дает возможность пользователям PDP-11 выполнять программы, созданные в ОС CP/M, параллельно с выполнением других программ основным процессором PDP-11 и независимо от них. Существенно, что независимо функционирующая плата UCP-11 «подгружает» основной процессор (т. е. расходует машинные такты процессора PDP-11) только для обработки запросов на ввод-вывод. Для работы в многоабонентском режиме

\* Для пользователей ПК первого поколения фирм Apple Comp. и Commodore Int таким «пропуском» могут служить, например, одноплатные приставки на базе микропроцессора M68000, поставляемые фирмой Digital Acoustics [29].

плата UCP-11 выпускается в варианте с тремя процессорами Z80 [34].

Что дальше? Есть основания предполагать, что микропроцессорное решение проблем программной совместимости ЭВМ не надолго останется привилегией мини- и микроЭВМ, а в самом недалеком будущем начнет проникать в сектор больших ЭВМ. По-видимому, уже к середине 80-х годов следует ожидать появления «разнопроцессорных» больших ЭВМ с автоматически переключаемыми системами команд для исполнения прикладных программ большей части семейств ранее существовавших\*\* и вновь создаваемых ЭВМ всех уровней: больших, мини-, микро-. Создание таких информационных обрабатывающих центров потребует разработки средств автоматического преобразования форматов данных для пакетов прикладных программ, исполняемых различными процессорами, а также поднимает целый пласт других не менее сложных проблем информации и совместимости.

Существенно, однако, что основной стимул для предметной постановки актуальной задачи унификации растущего многообразия средств автоматизированной обработки данных исходит из сектора микроЭВМ, а точнее из мира персональных компьютеров. Как отмечал А. П. Ершов, «персональная ЭВМ, похоже, возвращает программированию и применению вычислительной машины ту целостность, которая в определенном смысле старательно разрушалась корифеями профессионального программирования» [36].

**Программные решения.** Среди чисто программных разработок, имеющих своим назначением обеспечение программной совместимости в мире мини- и микроЭВМ (ценой иногда весьма заметного снижения эффективности исполняемых программ) в первую очередь необходимо отметить дальнейший рост популярности интерпретаторов Р-кода. На рубеже 70-х годов было предложено первое радикальное средство для решения проблемы программной совместимости ЭВМ. Существование решения сводится к созданию операционных систем и трансляторов с языков высокого уровня для абстрактной машины со стандартной системой команд, удовлетворяющей ряду выбранных из теоретических соображений принципов. Эта система команд, в которую транслируются программы, написанные в UCSD-версиях языков высокого уровня (UCSD-Паскаль; UCSD-Фортран и другие) получила название Р-код (portability — переносимость). Разработчику любой, вновь создаваемой, ЭВМ достаточно написать интерпретатор с Р-кода в систему команд данной ЭВМ, и новая машина появится с готовым базовым программным обеспечением, так как отлаженные трансляторы и пакеты для Р-кода уже существуют и постоянно пополняются. По имени университета в г. Сан-Диего шт. Калифорния, где эта идея была в 1974 году впервые доведена до коммерчески доступного программного продукта, соответствующие операционные системы и трансляторы начинаются с аббревиатуры UCSD (University of California, San Diego). К настоящему времени UCSD — системы поставляются\*\*\* практически для всех типов пользующихся массовым спросом ПК. Для некоторых ПК второго поколения, например, «Professional-350/325» фирмы DEC, UCSD-системы оказываются единственным средством

\*\* В качестве одного из первых исторических прецедентов появления ЭВМ такого типа тогда можно будет указать на созданную в 70-х годах ЭВМ M4030, которая была предназначена для исполнения программ, двух семейств ЭВМ, написанных, соответственно в ОС ЕС и ДОС АСВТ [35].

\*\*\* Развитием, поставкой и сопровождением UCSD-систем занималась в основном фирма Softech Microsystems (г. Сан-Диего, шт. Калифорния), а в последнее время подключались и многие другие фирмы.

программирования в автономном режиме: все остальные средства разработки программ доступны только в режиме связи с центральной (host) ЭВМ.

Среди других чисто программных подходов к проблеме совместимости ПК на уровне прикладных программ наибольшие надежды возлагаются на продолжающееся быстрое расширение сферы влияния ОС UNIX, которая в начале 80-х годов уверенно выходит по числу областей приложений на уровень «стандарта-де-факто» мировой индустрии ЭВМ в целом.

Фирма Hewlett—Packard приняла решение об оснащении ОС всех (!) своих семейств ЭВМ от ПК до измерительно-вычислительных комплексов и машин для экономических расчетов, включая 32-разрядную супермини-ЭВМ типа HP 9000. Почти одновременно об аналогичном решении объявила еще одна из фирм большой семерки — фирма NCR [37]. По мнению редактора издания «UNIX Newsletter», в ближайшее время к этому решению присоединятся фирмы IBM и DEC, и, таким образом, «все вычислительные машины от больших до микроЭВМ будут иметь одну стандартную операционную систему» [37].

Фирма-разработчик ОС CP/M-80 (стандарта-де-факто) для 8-разрядных микро ЭВМ) — фирма Digital Research Inc. со своей стороны сделала шаг навстречу такому развитию событий. Был создан новый компилятор языка C, который позволяет транслировать прикладные программы, написанные в ОС UNIX для исполнения под управлением 16-разрядных версий CP/M. Первоначально транслятор был написан для микропроцессора M68000, но фирма Digital Research Inc. объявила, что работает над созданием его версий для 16-разрядных микропроцессоров фирм Zilog, National Semiconductor, а также для 32-разрядных микропроцессоров фирмы Intel [32]. Наконец, основной конкурент фирмы Digital Research Inc. — фирма Microsoft — разработчик наиболее популярной версии языка Бейсик (Microsoft Basic), одной из первых создавшая плату для исполнения CP/M-80 на ПК «Apple-II», а затем ОС MS-DOS для ПК фирмы IBM — использует свою собственную версию ОС UNIX под названием Xenix для разработки программ, которые могут работать как в MS-DOS, так и в CP/M. Ожидается, что эта же фирма создаст специализированные средства для связи между MS-DOS и UNIX [32].

Как заметил в конце 1982 года обозреватель осенней американской выставки вычислительной техники «Comdex-82» (экспонировалась продукция 1106 фирм), «сейчас принято считать, что предоставление пакета программ ОС UNIX является непременным атрибутом сбыта» [38].

Итак, совокупность аппаратно-программных решений проблемы совместимости ПК, предложенных к началу 80-х годов, сводится к следующим основным подходам:

**Аппаратные решения:**

— оснащение основного комплекта ПК несколькими микропроцессорами для исполнения прикладных программ, написанных в различных ОС, с ручным переключением требуемого типа процессора в зависимости от формата исполняемого пакета программ (ПК типа TRS-80 Model 16) или автоматическим переключением путем использования «форматочувствительного» блока гибридной ОС (Rainbow-100);

— подключение к ПК одноплатных микроЭВМ-приставок, которые исполняют программы, недоступные процессорам данного ПК, используя при этом основную конфигурацию ПК в качестве устройства управления периферийным оборудованием (приставка IBM-80 к ПК типа «IBM personal computer»).

**Программные решения:**

— оснащение персональных компьютеров транспортными средствами UCSD — системами на базе интерпретаторов с Р-кода для использования в ПК машиннонезависимых трансляторов с языков, высокого уровня: Бейсик, Паскаль, Фортран и др.;

— комплектация ПК стандартной ОС UNIX или ее версиями, например, ОС типа Xenix, предназначенной для микроЭВМ, использующих процессоры LSI-11, 8086, Z8000, M68000;

— разработка трансляторов для автоматического перевода прикладных программ из режима работы под управлением ОС типа CP/M (фактический стандарт для 8-разрядных ПК) в ОС типа UNIX (фактический стандарт для ЭВМ от 16-разрядных и выше).

**Об информационной совместимости.** Рассмотренные аппаратно-программные средства лишь создают предпосылки к программной совместимости ПК, но не обеспечивают в полном объеме решения задачи переноса программного продукта. Обсуждавшиеся решения были направлены на преодоление только первого барьера на этом пути, после преодоления которого остается еще второй барьер — информация несовместимость ЭВМ на уровне внешних носителей. Известно, что перенос прикладных программ, например, на гибких дисках даже между ПК, имеющими полностью идентичные процессоры, нередко связан с большими трудностями. Диски могут быть 8-, 5-дюймовыми или принадлежать к одному из трех\* типоразмеров 3-дюймовых; нормальной или двойной плотности; односторонние или двусторонние; программно- или аппаратно-форматизированные и т. д.). Поэтому до сих пор наиболее реалистичным решением проблемы информационной совместимости ПК остается организация межмашинного обмена программами по стандартизованным каналам локальных сетей ЭВМ.

В работе [40] приводится пример структуры сети Nestar для ПК типа «Apple-II», где машиннонезависимые программы хранятся в большой памяти (mass storage) локальной сети, в качестве которой используются диски типа Винчестер. При этом конкретная конфигурация ВУ у ПК-абонентов такой сети может быть произвольной, так как гибкие диски этих абонентов используются только для работы в автономном режиме, а обмен программами организован через большую память сети, на которую работает один выделенный для этой цели ПК. Этот же ПК может обслуживать печатающие устройства высокого качества, графопроекторы и другие дорогостоящие устройства, ресурсы которых делят ПК-абоненты (вопросы взаимного влияния тенденций развития ПК и локальных сетей ЭВМ рассматриваются в работе [41]).

Таким образом, задача разработки ПК, на котором пользователю будет потенциально доступна возможно большая часть совокупного программного продукта, созданного для наиболее популярных типов ПК — основная задача изготовителей ПК второго поколения. Открытая в конце 70-х годов «формула» software sells hardware (программы продают компьютеры), в 80-х годах полностью отражает техническую политику в ПК-секторе американской индустрии ЭВМ. Если для мировой индустрии ЭВМ в целом, коммерчески доступный готовый программный продукт составлял к началу 80-х годов в стоимостном отношении от 3 до 6% годового объема продаж изделий и услуг отрасли [41], то для ПК-сектора удельный вес программного продукта составляет уже более 25% суммарного объема продаж сектора, а к 1987 году, по оценкам, будет приближаться к 50% [23].

Общая стоимость реализованного на рынке ПК программного обеспечения с 1980 года ежегодно удваивается и в 1983 году превысила 2 млрд. долл. [23, 42, 43]. Для сравнения отметим, что на этом же уровне — около 2 млрд. долл. — оценивалась совокупная стоимость коммерчески доступного программного продукта, созданного в 1978 году [41] на мировом рынке ЭВМ для всех типов и классов ЭВМ вместе взятых. В этих условиях, как отмечают ведущие эксперты ПК-сектора.

\* К 1983 году на мировом рынке ЭВМ были 3-дюймовые диски следующих типоразмеров: 3, 3<sup>1</sup>/<sub>4</sub> и 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> [39].

индустрии ЭВМ в США [43], «самые значительные проблемы, перед которыми окажутся изготовители программного обеспечения и торгующие им фирмы — стандартизация аппаратуры и обеспечение мобильности программ».

### Игровая компонента — первое функциональное отличие ПК

Что отличало первый ПК «Apple», продемонстрированный в 1976 году, от существовавших уже тогда настольных ЭВМ типа IBM 5100 или серии настольных ЭВМ фирмы Hewlett-Packard. Прежде, чем ответить на этот вопрос определим, что объединяло эти ЭВМ. Общими для ПК и предшествовавших им настольных ЭВМ были следующие признаки:

— компактное конструктивное исполнение в виде настольного прибора с габаритами массового телевизора;

— простота эксплуатации: внутренняя сложность ОС ЭВМ функционально закрыта от пользователя, а все средства, необходимые для программирования и управления режимами ЭВМ, доступны в рамках простой для изучения «человеку с улицы» системы программирования типа Бейсик.

Единственное, но принципиальное и, как скоро выяснилось, чреватое далеко идущими последствиями, отличие этих двух близких типов ЭВМ заключалось в относительной дозировке, игровой компоненты: сначала в программном обеспечении, а затем и в конструктивном исполнении. Игровые программы, как правило, были в комплекте поставляемого изготовителем программного обеспечения любой ЭВМ еще задолго до появления ПК.

Однако, если игровая начинка настольных ЭВМ, выпускаемых большими «солидными» фирмами, строилась по традиционно разумному принципу: делу время — потехе час, то вся архитектура ПК «Apple», «Pet» и других, разработанных вновь созданными фирмами, была подчинена принципиально новой концепции: работать, играя!\*. По мнению Р. Эйнсуорта, творческого директора фирмы The Image Producer Inc. (шт. Иллинойс), занятой созданием и внедрением программного обеспечения, «многое следует из того, что процессы написания программ, создания музыки и стихов сходны. ... Обычно компьютеры представляются либо как машины, либо как рабочие инструменты, идею же компьютера как инструмента творчества еще только предстоит осознать» [44].

Эйнсуорт руководит разработкой серии, по его определению, «поп-программ». Основное назначение таких программ — пробудить у пользователя творческую активность в программировании, вызвать у него стремление понять, что это такое, чтобы начать затем самостоятельно создавать свои программные конструкции. Главное на этом этапе, подчеркивает Эйнсуорт, «избавить себя от вопроса: «Для чего это нужно?» Это все равно, что спрашивать: «Для чего нужна песня?» [44].

Такой подход к проектированию персональных ЭВМ определил и все те характерные аппаратно-программные особенности, которые отличают персональные ЭВМ от их настольных предшественников. Особенно рельефно видны эти изменения, например, в сравнении двух соответствующих изделий фирмы IBM.

От выпускавшейся в середине 70-х годов настольной модели IBM 510 ПК «IBM personal computer» отличается машинная графика, в том числе выход на цветной монитор; синтезаторы звука, которые обеспечивают возможность функционально-ориентированного музыкального сопровождения процесса обработки данных; боль-

\*Первые фирмы-изготовители стремились особо подчеркнуть игровой характер новой ЭВМ в том числе и ее названием: «Apple» — яблоко, «Pet» — забава и т. д.

шой пакет игрового программного обеспечения; системные средства поддержки процесса создания игровых эффектов и т. д.

Как случилось, что требуемую «критическую массу» игровой компоненты, необходимую, чтобы превратить настольный компьютер в принципиально новый инструмент, революционизирующий в 80-е годы процессы творческой деятельности, нашли в 1976 году два юных техника фирмы Atari 20-летние Стив Джобс и Стив Возняк, которые создавали тогда в гараже родителей С. Джобса первую персональную ЭВМ «Apple»? Почему открытый в гараже феномен персональной ЭВМ еще долго оставался незамеченным для десятков мощных исследовательских центров многомиллиардных компьютерных корпораций?

Разработчики «Apple-II» пришли к идее персонального компьютера, имея за спиной (кроме, разумеется, богатого воображения и юношеской энергии) только опыт создания электронных игр, которыми они занимались на фирме Atari. Поэтому первое, что они попытались сделать — это придать игровому микропроцессорному прибору отдельные черты универсальной ЭВМ или, что тоже, ввести некоторые «серьезные» возможности, в том числе, программирование на языке Бейсик, расширенном для работы с графикой. Иными словами, они шли к созданию новой ЭВМ принципиально с другой стороны.

По итогам испытания первого образца «Apple» выяснилось, что его функциональные возможности оказались достаточно мощными для решения многих прикладных задач из широкого круга приложений. Во всяком случае для массового пользователя они не отличались от аналогичных возможностей существовавших тогда типов настольных ЭВМ. Однако доза игровой компоненты была более чем на порядок выше той, на которую могли бы отважиться даже самые смелые из традиционных изготовителей ЭВМ. Это и определило в конечном счете сенсационный успех «гаражного предприятия». «Как только мы в первый раз включили в 1976 году «Apple» — рассказывает С. Джобс, — все наши друзья захотели иметь такой же. ... Поэтому уже в середине 1977 года на промышленном рынке появились первые экземпляры «Apple-II» [22].

Чем объяснить, что игровая «закваска» смогла вызвать столь бурный рост областей применений и тиража настольных ЭВМ? Вопрос этот возникает потому, что в первый же год более двух третей всего выпуска персональных ЭВМ было куплено не для досуга, как ожидали изготовители этих ЭВМ, а для использования в сфере основных профессиональных интересов их владельцев. Эта пропорция сбыта сохраняется до настоящего времени. Означает ли это, что миллионы занятых в различных сферах хозяйственного механизма США выкладывают ежемесячную зарплату, а нередко и много больше, для того, чтобы играть в рабочее время в «космическую войну», «крестики-нолики» или синтезировать мелодию модного шлягера?

Для ответа на этот вопрос остановимся на том, что было известно о влиянии игровой компоненты на процессы обработки информации человеком к моменту появления ПК. Хорошо известно ее стимулирующее влияние на процессы обучения. Наиболее исследованы эти вопросы в дошкольном воспитании, где игровая компонента давно и общепризнанно является основной. Как отмечал еще М. Монтень «... игры детей — вовсе не игры и что правильное смотреть на них, как на самое значительное и глубокомысленное занятие этого возраста» [45].

Однако, без особых обоснований, так сказать, по умолчанию принято было считать, что с возрастом влияние игровой компоненты слабеет. Поэтому, например, учеба в школе, особенно в высшей школе, бывает весьма далека от каких-либо игр, кроме, может быть, спортивных. В производственной деятельности одна из наиболее популярных отрицательных оценок по шкале порицания звучит: «Не серьезно!». Вместе с тем, можно



вспомнить, что высшей оценкой работы мастера всегда было: — «Он работает, как играет!», «Строит — играючи!», «Топор у него в руках, как игрушка!» и т. д.

**ПК оказался первым индивидуальным инструментом, который предоставил возможность миллионам людей, занятых в информационной сфере народного хозяйства, перейти от отупляющей рутинной монотонного перемалывания информации к игре с этими потоками информации.** Ситуация качественно изменилась, когда оказалось возможным увидеть меняющуюся форму и цветовую гамму этих потоков, например, подвижные цветные гистограммы вместо необозримых таблиц, услышать их «журчанье» (смена тональных посылок, сопровождающая циклическую обработку данных, нередко позволяет на слух воспринимать и контролировать режимы обработки), а в ряде случаев, и пускать в эти потоки «кораблики» (электронная почта).

Возможность своими руками синтезировать в цвете и музыке интуитивно возникающие образы информационных объектов, над которыми приходится выполнять сложные преобразования, позволяет, как правило, резко повысить эффективность индивидуального творческого процесса. Более того, часто выясняется, что сопровождающая работу по программированию информационных образов игровая компонента, сама по себе невольно растормаживает и активно стимулирует творческое воображение, создает предпосылки к отысканию новых нетрадиционных путей решения конкретной производственной задачи.

По мнению С. Джобса, основное назначение ПК заключается в том, чтобы освободить человека от гнета рутинной обработки информации, оставляя ему «делать то, что он может делать лучше, чем любой из созданных им приборов: концептуально мыслить» [22].

### Производственные области приложений ПК

В 1981 году отмечалось, что ПК «быстро развиваясь количественно и качественно, далеко ушли от первоначальной роли «хобби-ЭВМ» в самые разнообразные области профессиональных приложений: от встраиваемых OEM-компьютеров до сложных систем обработки данных». [40]. По некоторым прогнозам к середине 80-х годов около четверти всего объема продаж профессиональных ПК будет приходиться на автоматизацию производственных процессов в промышленности и научные исследования. Первой начала планомерно осваивать эту область приложений ПК фирма Hewlett—Packard. С этой целью в 1980 году был выпущен OEM-вариант ПК типа HP-85, который появился на промышленном рынке с маркой HP-9915A. Программы, разработанные цеховыми технологами для HP-85, могли оперативно загружаться в HP-9915A, который выпускался в блочном исполнении и встраивался в производственное оборудование и испытательные стенды.

Это первое техническое решение, избранное фирмой для облегчения проникновения ПК на рынок программируемого производственного оборудования, еще носило явные следы традиционного подхода к использованию микропроцессорных устройств:

— «целевая» ЭВМ HP-9915A была предназначена для исполнения жестко запрограммированных функций, менять которые непосредственно на объекте было нельзя;

— инструментальный комплекс на базе ПК HP-85 требовался для любых модификаций целевых программ в HP-9915A.

Вероятно, единственное, но весьма заметное преимущество такой «спарки» (HP-9915A и HP-85) заключалось в большей доступности инструментального комплекса на базе ПК HP-85 широкому кругу технологов, не обремененных опытом программирования. Однако, уже с 1982 года фирма Hewlett—Packard начала выпуск ПК HP-75, в котором более полно используются функциональные преимущества ПК перед традиционным

микропроцессорным контроллером. ПК HP-75 — это компактный прибор, массой 750 г, содержащий интерфейс типа HP-IL, программируемый источник звуковых сигналов, ОС реального времени с языком Бейсик в ПЗУ емкостью 48 кбайт и устройство ввода данных с магнитных карт емкостью 1,3 кбайт. По мнению представителя фирмы «до 30% наших компьютеров будут покупать для сбора данных и управления технологическими процессами... Большая память быстрый процессор и легкость программирования на языке Бейсик являются теми факторами, которые откроют рынок недорогих контроллеров» [46].

Руководитель фирмы Apple, ответственный за разработку производственного и научного оборудования, считает, что ПК могут в целом ряде областей приложений успешно конкурировать с программируемыми производственными контроллерами. Он отмечает, что «многие программируемые контроллеры эффективны для реализации отдельных конкретных функций, однако мы расцениваем этот рынок, как один из наиболее развивающихся...», и поясняет, что преимущества ПК будут особенно заметны там, где необходима быстрая перестройка выполняемых функций. Согласно его прогнозу «должен наблюдаться существенный рост объемов сбыта роботов и контрольно-измерительных подсистем все большим числом изготовителей комплексного оборудования, ориентирующихся на ПК типа «Apple» [47].

Фирма Syborg Corp. является одним из таких изготовителей комплексного оборудования. В качестве OEM-изделия в комплекс «Syborg» входит ПК типа «Apple». Фирма Syborg Corp., выпускает системы сбора данных и управления преимущественно для научных лабораторий, однако отмечается, что «производственные заказчики из разных отраслей промышленности сейчас проявляют все больший интерес к лабораторным системам фирмы Syborg Corp., построенным на базе «Apple-II», поскольку они позволяют эффективно измерять напряжение, ток, давление, углы поворота и температуру. ПК можно запрограммировать на выполнение нескольких различных видов измерений с последующим изменением настройки производственного станочного оборудования» [47].

Преимущества ПК в производственных областях приложений перед микропроцессорными контроллерами с жесткой логикой особенно заметны в мелкосерийном производстве, где темп переналадки оборудования нередко более важен, чем темп... процесса обработки материалов. Ситуация, когда переналадка занимает дни или даже недели, а несколько заказанных деталей, ради которых и выполнялась переналадка оборудования, изготавливаются затем в считанные часы, не является в мелкосерийном производстве исключительной. В то же время относительный объем мелкосерийного производства по отношению к общему объему производства в обрабатывающей промышленности США, например, уже приближается к 75% и сохраняет устойчивую тенденцию к дальнейшему росту [48]. На примере встраиваемого в систему «Syborg» ПК типа «Apple», а также рассмотренных выше ПК изделий фирмы Hewlett—Packard, видно как в начале 80-х годов разворачивается второй виток технологической спирали развития микропроцессорной техники (см. табл. 4).

### Персональные вычислительные системы— информационное ядро гибких систем автоматизации

По крайней мере в двух областях приложений: производственные задачи (автоматизированные обрабатывающие центры; технологические участки и т. д.); автоматизация измерений (научные исследования, испытательные стенды и т. д.) — персональные вычислительные системы оказываются информационным ядром принципиально новых средств исследования и современного производства, ко-

## МикроЭВМ: два витка функциональной эволюции

Годы	Встраиваемый блок	Персонально-ориентируемая диалоговая система	Типовой производственный комплекс на базе персональной ЭВМ	Области применений	Пользователи
1975—80	МикроЭВМ (ОЕМ μ/С)	Персональный компьютер (personal comp.)	Автоматизированное рабочее место (personal work station)	Обработка текстов, инженерные расчеты, научные исследования	Канторские служащие, инженеры, техники, экспериментаторы
1980—85	Персональный компьютер (ОЕМ — P/С)	Персональная вычислительная система (personal comp. system)	Гибкая система автоматизации (flexible automation system)	Технологический участок; обрабатывающий центр; автоматизированная «кантора будущего» (office of future)	Инженеры и технологи, цеховые мастера и квалифицированные рабочие, руководители учреждений и административные служащие

торые в начале 80-х годов образовали два пересекающиеся класса: гибкие системы автоматизации (flexible automation), измерительные компьютеры (measure computer).

По мнению директора Manufacturing Productivity Centre (Чикаго, США), К. Е. МакКее, «гибкая автоматизация — это глобальная концепция современного производства, базирующаяся на ЭВМ и роботах...». Однако, подчеркивает К. Е. МакКее, было бы существенной ошибкой сводить ее, как это все чаще происходит, только к внедрению промышленных роботов и манипуляторов, так как «роботы составляют лишь малую и видимую часть» этой проблемы. Как отмечает он далее в статье с характерным названием: «Мы за роботы, но...», опубликованной в качестве передовой в журнале «Промышленные роботы» [49], «...роботы — это была технология 70-х годов... Гибкая автоматизация — это по-настоящему технология 80-х годов...».

Редактор по испытаниям, измерениям и управлению журнала «Electronics» Р. Камерфорд в статье «Наступает эра измерительных компьютеров» [50] следующим образом определяет этот тип вычислительных систем: «...такие приборы позволяют перестраивать свою конфигурацию при помощи сменных плат, комбинировать различные функции для выполнения сложных измерений, допускают объединение в сеть через стандартные интерфейсы. Управление приборами ведется в диалоговом режиме, допускается использование программ на языках Бейсик, Паскаль». Р. Камерфорд подчеркивает, что задача разработчика этого класса персональных вычислительных систем: «дать оператору возможность использовать сложную компьютерную технику, не изучая для этого термины компьютеров. В то же время разработчики хотели бы позволить более опытному оператору полностью использовать мощность системы».

Таким образом персональная вычислительная система, ориентированная на автоматизацию измерений, должна иметь минимально два уровня интерактивности: первый — проблемно-ориентированный диалог, который позволяет массовому оператору «измерительного компьютера» управлять его режимами в терминах решаемой задачи («не изучая для этого термины компьютеров»); второй — «инструментальный», необходим более квалифицированному пользователю, который должен иметь возможность полностью использовать мощность системы, т. е. опираясь на заложенные разработчиком возможности, гибко перестраивать функции измерительного компьютера, обучать его решению новых задач и т. д.

Необходимо отметить, что основные принципы функционирования персональной вычислительной системы в режимах «измерительного компьютера» и «гибкой системы автоматизации» (перестраиваемая система управле-

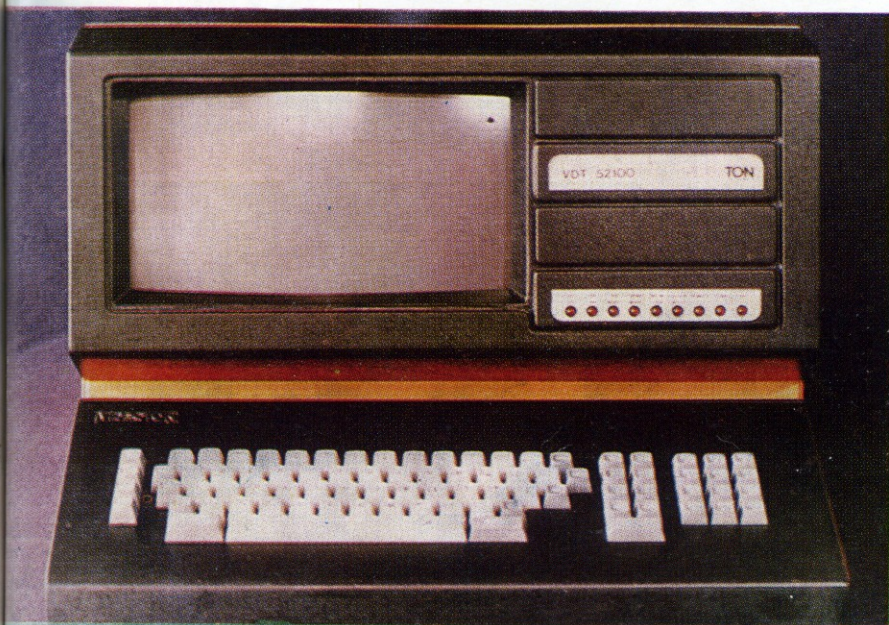
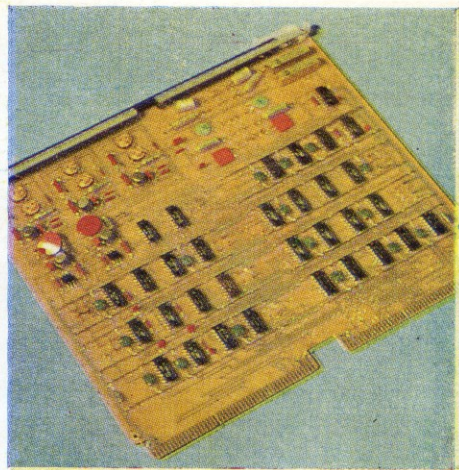
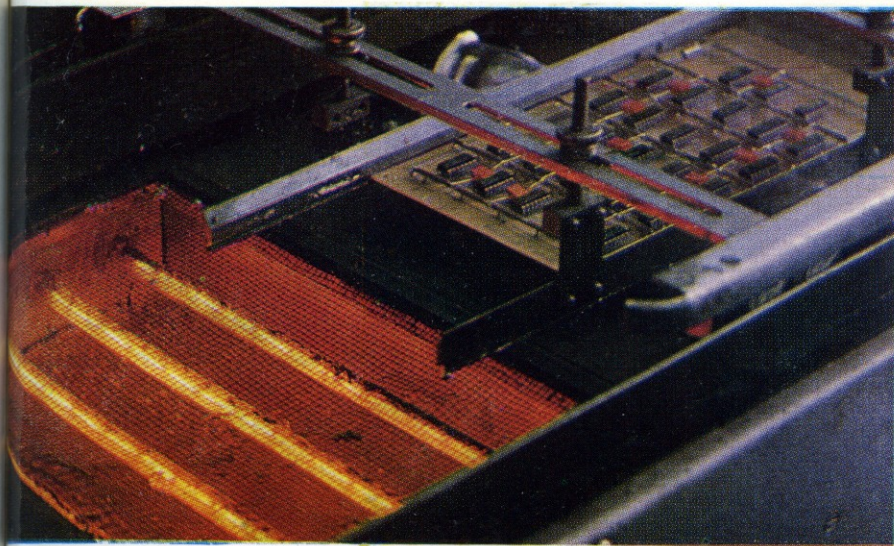
ния технологическими процессами, обрабатывающий центр с гибкой информационной структурой и т. д.) оказываются общими на уровне информационного ядра и отличаются только способами воздействия на исполнительные устройства: в первом случае это советы с экрана измерительного компьютера оператору, который, оценивая их, вручную управляет производственными процессами; во втором — непосредственное воздействие сигналов от ЭВМ на исполнительные устройства, когда оператор не включен в контур управления, а, находясь на следующем более высоком информационном уровне, контролирует текущую информацию о ходе процесса, и при необходимости воздействует в диалоге с ЭВМ на параметры программ управления и сбора данных.

Общими оказываются и элементы технологической поддержки, необходимые для обеспечения инструментального уровня интерактивности таких систем, позволяющие облегчить пользователю процесс персональной ориентации базового программного обеспечения микроЭВМ, а также процесс сопровождения и модификации разрабатываемых программ.

### Социально-экономический эффект внедрения ПК

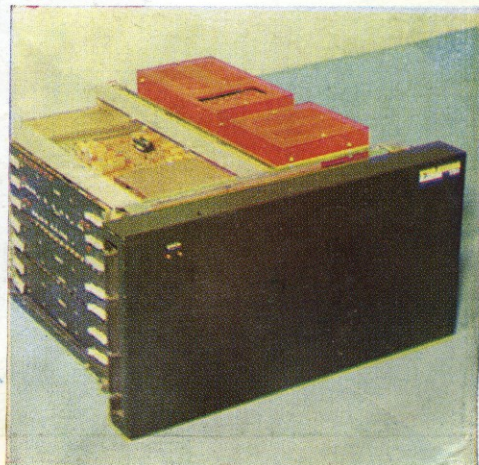
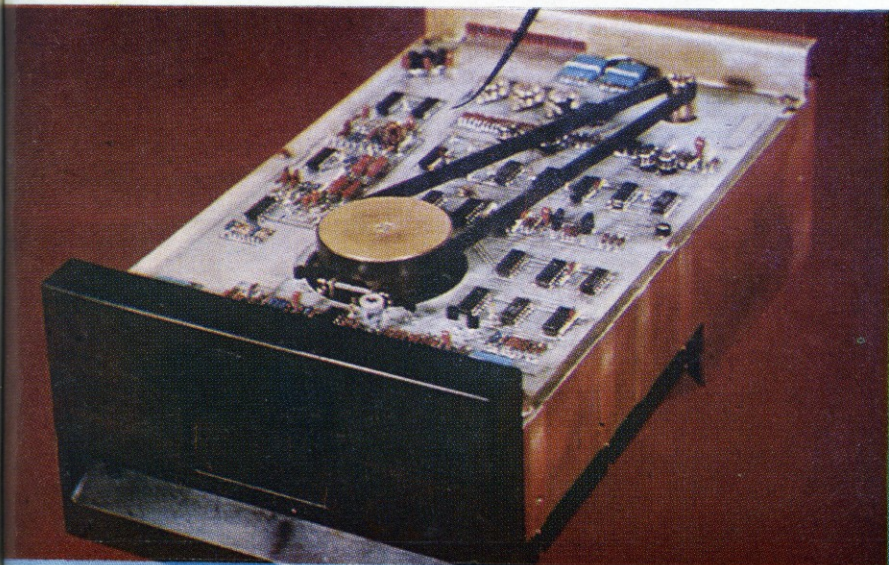
Эффективность нового индивидуального инструмента. Косвенной, но весьма убедительной оценкой особой эффективности ПК в профессиональной деятельности миллионов трудящихся информационной сферы народного хозяйства следует считать такой факт: около половины всего тиража ПК профессионалы среднего звена хозяйственного механизма США покупают за свои «кровные» деньги [51]. Для этого контингента покупателей цена ПК в среднем составляет месячную зарплату. Существовал ли раньше инструмент, за который работающий по найму трудящийся, не дожидаясь прозрения администрации, сам выложил бы свою зарплату? Из истории известно, что машины ломали, терпели, некоторые одобряли, иным радовались. Но массового «машинного психоза», даже отдаленно напоминающего наблюдаемую сейчас ситуацию, когда миллионы людей отдадут месячную зарплату, чтобы купить не цветной телевизор или легковой автомобиль, а инструмент, с которым они будут работать, — этого, видимо, не знала история техники.

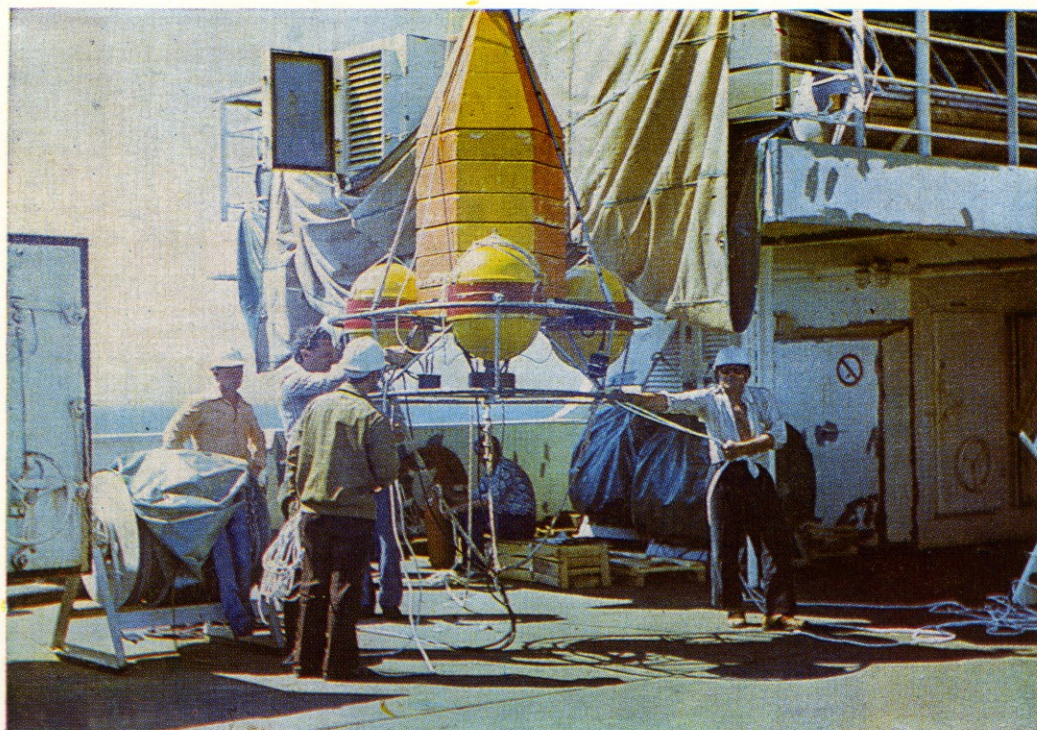
Один из лидеров американской школы искусственного интеллекта Дж. Вейценбаум приводит в существенно более общем контексте, но достаточно убедительное сравнение, которое помогает понять некоторые психологические пружины рыночного феномена ПК. «На Американском западе в XIX веке шестизарядный



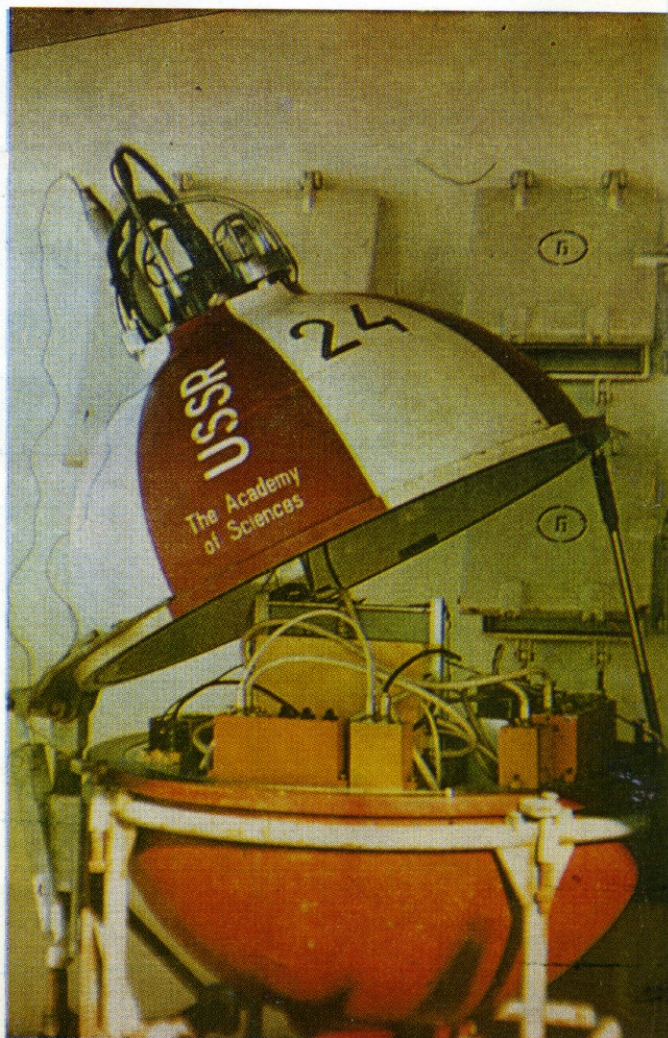
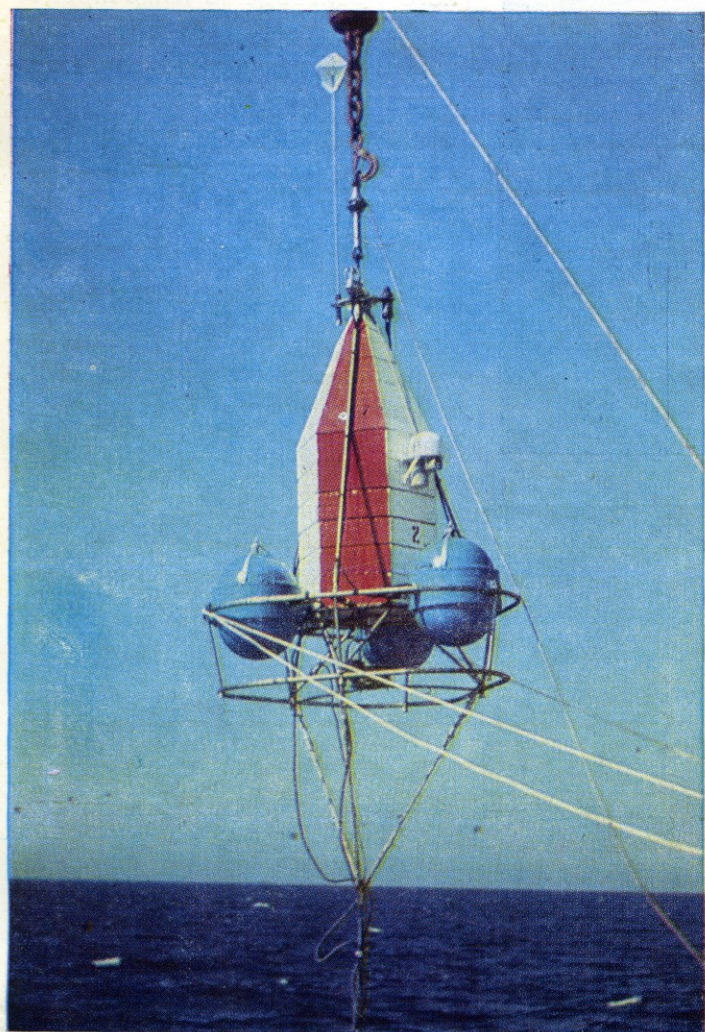
К ст. Наумова Б. Н.,  
Гиглаво А. В. (стр. 7)

Важнейшей задачей, возникающей при освоении крупносерийного производства микропроцессорной техники (МПТ), является унификация конструктивов. Параметрический ряд печатных плат и монтажных блоков (примером которого может служить набор рекомендаций EUROCARD) позволяет охватить такие различные виды изделий с применением МПТ, как базовые микроЭВМ, программируемые промышленные контроллеры, средства связи и терминальные станции сетей ЭВМ.





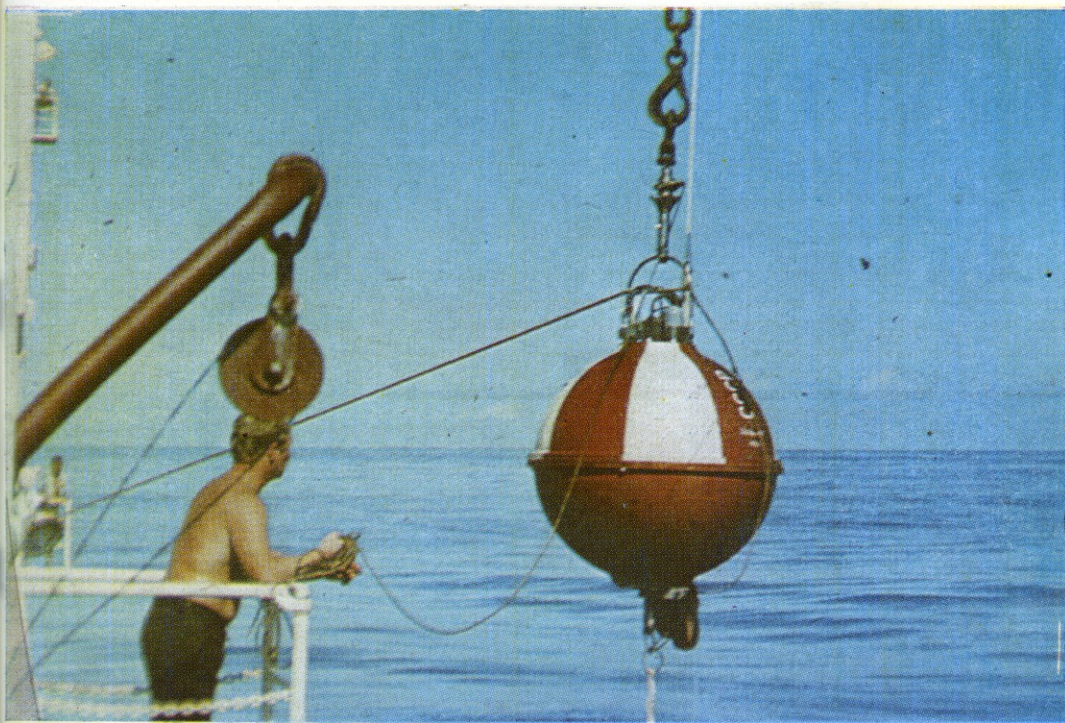
**АППАРАТУРА  
ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИИ  
АКУСТИЧЕСКИХ  
ШУМОВ ОКЕАНА**



По  
рабо  
ники

Д  
нием

В  
ронн  
ре с  
но-в  
полн  
микр  
80/0



Подготовка донной станции разработки ОКБ океанологической техники ИОАН СССР

Донная станция перед погружением

Внутренняя компоновка электронной аппаратуры станции; в центре сферы виден блок измерительно-вычислительного комплекса, выполненного на основе серийной микроЭВМ «Электроника-ИЦ-80/01Д».



Общий вид донной станции разработки СКБ средств автоматизации морских исследований АН СССР

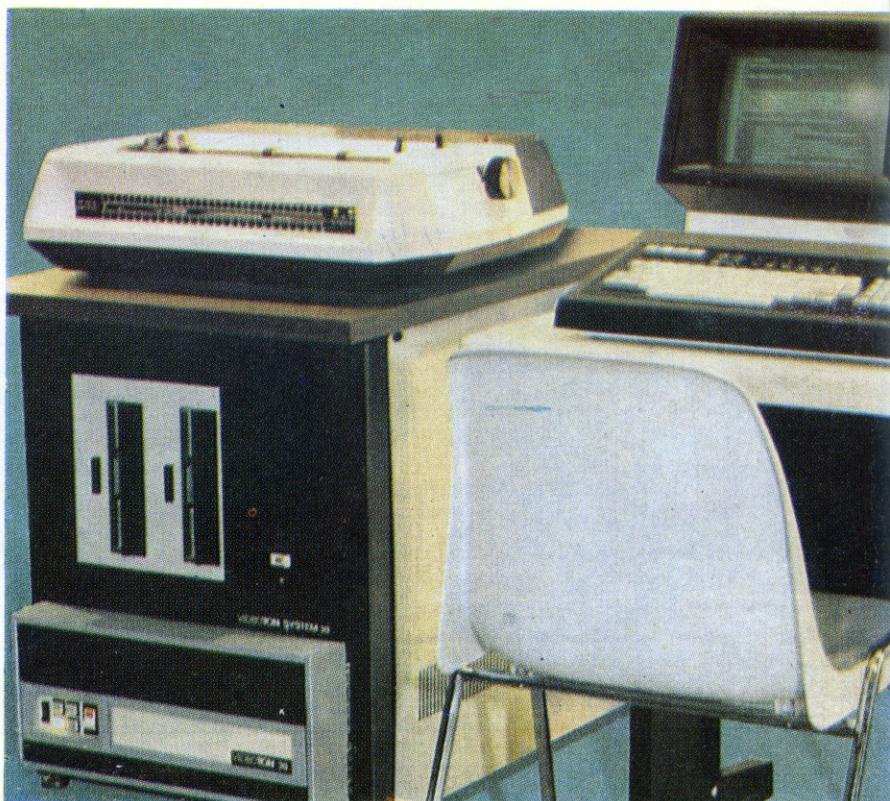
Автономный измерительно-вычислительный комплекс донной станции в разобранном виде



Одноплатная микроЭВМ с клавишным пультом управления, предназначенная для вывода результатов обработки АИВК с цифрового кассетного накопителя

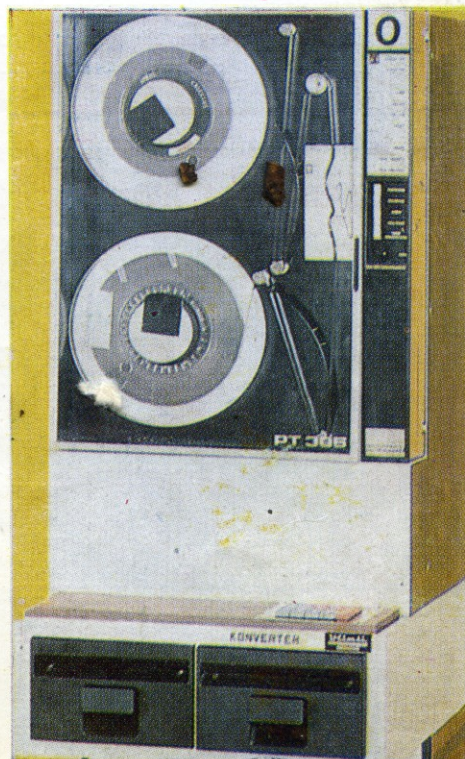
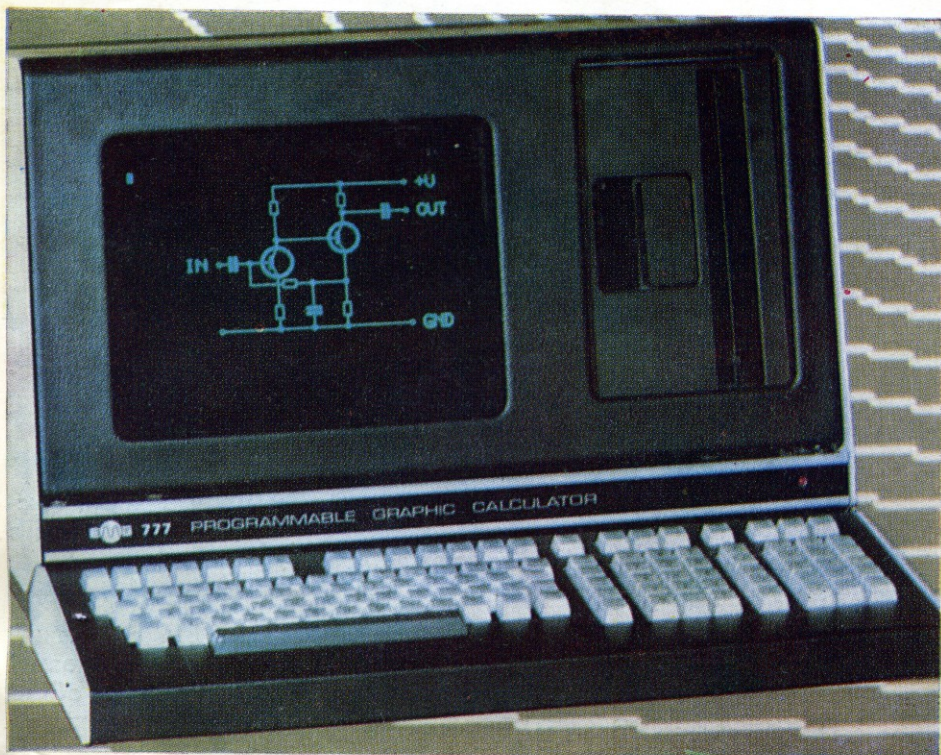


# НА ВЫСТАВКЕ В БУДАПЕШТЕ



## Примеры применения микропроцессоров и микроЭВМ

[по материалам третьего симпозиума стран — членов СЭВ]



Р  
а  
в  
с  
о  
ш  
ж  
и  
п  
Т  
  
и  
Г  
б  
С  
к  
н  
д  
б  
э  
л  
Д  
в  
С  
с  
  
д  
ж  
л  
в  
п  
п  
о  
С  
о  
г  
т  
л  
т  
К  
к  
н  
н  
л  
п  
л  
  
м  
у  
з  
г  
с  
з  
  
к  
с  
с  
в  
л  
б  
с  
в  
—  
  
к  
л  
«  
е  
х  
э  
Р  
т  
с  
с  
  
4

револьвер был известен как «великий уравниватель» (great equalizer) — это название красноречиво свидетельствует о том, как эта разновидность оружия влияла на самооценку вооруженного человека, если не имея его, он чувствовал себя в невыгодном положении по отношению к своим согражданам» [52]. По-видимому, это желание «играть на равных», а значит, тоже вооружить индивидуальным инструментом свой интеллект и гонит профессионалов в магазины сети «Radio Shack» фирмы Tandy и другие центры по продаже ПК.

**Первые области применений.** Профессор Калифорнийского университета Ф. Грнубергер в середине 60-х годов первым среди экспертов США прогнозировал наблюдаемый сейчас этап бурного развития малых ЭВМ. Спустя 10 лет, в 1977 году он сформулировал этапы, по которым, с его точки зрения, пойдет развитие персональных ЭВМ: «применение настольных ЭВМ в сфере досуга и развлечений — домашние системы обработки данных — персональные ЭВМ — ЭВМ в мире малого бизнеса, и, наконец, последует (если еще не наступил) этап использования настольных ЭВМ для распределенных вычислений в больших организациях» [53]. До начала 80-х годов «траектория» развития ПК шла, в основном, по этим отмеченным в 1977 году вехам. Однако достаточно емким оказался также рынок ПК в сфере образования.

**«ПК-грамотность».** Как отмечалось в начале 1982 года, проект, получивший название «Дети не могут ждать», является детищем Стива Джобса, председателя правления фирмы «Apple» [54]. В случае его полного воплощения, учебные заведения получат 75 тыс. персональных компьютеров, периферийных устройств и пакетов программ». Спустя полгода, журнал «Datamation» уточнял, что согласно представленному в конгрессе США законопроекту (The Technology Educational Act of, 1982, № 5573), в школьных классах США предполагается в течение 1983 года установить бесплатно 103 тыс. ПК типа «Apple». За это фирма получит определенные налоговые льготы, которые, однако, лишь частично компенсируют стоимость такого «подарка» [55]. Коммерческая сторона этого проекта прозрачна\*, однако существенно более важным представляются возможные социально-экономические последствия такого решения. Как отразится на структуре рынка труда появление уже в самом недалеком будущем (через 5—7 лет) первого поколения выпускников средних школ и колледжей эры «сплошной компьютерной грамотности?».

**Социально-экономические аспекты всеобщей ПК-грамотности.** По некоторым прогнозам [6], к 90-м годам уже свыше 80% трудоспособного населения США будет занято в сфере обработки информации, но уже в 1985 году 50% работающих будут ежедневно опираться в своей производственной деятельности на поддержку ЭВМ.

Чтобы оценить масштабы сдвигов, которые ожидаются в профессиональной структуре информационного сектора народного хозяйства промышленно развитых стран в результате массового внедрения ПК, достаточно вспомнить некоторые исторические аналогии. Еще 100 лет назад хороший почерк заметно повышал шансы быть принятым на службу в контору, а немногие счастливые обладатели каллиграфического почерка могли вообще не опасаться за свою карьеру в этой области.

\* Авторы проекта «Дети не могут ждать» оценивают потенциальный рынок ПК в 150 млн. машин и полагают, что к 1982 году он был освоен лишь на 1,5%. «Как только в школе появится первый ПК, — объясняет представитель фирмы, — им станет ясно, что необходимо приобретать такие ЭВМ еще и еще... При этом, если у них появится ПК типа «Apple», то, как мы рассчитываем, они будут заказывать новые ЭВМ этого типа» [55]. Иными словами, в секторе ПК рынка ЭВМ основная игра впереди и участники пытаются «застолбить» наиболее перспективные области.

Прошло совсем немного времени после изобретения пишущих машинок и природные преимущества для работы в конторах у людей с хорошим почерком практически полностью исчезли. Кто в настоящее время интересуется вашим почерком? Родные и близкие, учителя начальных классов и... возможно, психологи — составители графологических тестов.

Выше мы отмечали, что одно из наиболее важных направлений использования ПК — формализация профессиональных знаний. Всего лишь несколько сот лет назад в ведущих университетах Европы защищались диссертации по умножению и делению многозначных чисел. Затем эти задачи удалось формализовать до короткой последовательности из нескольких арифметических действий («столбиком»). После этого возможность самостоятельного решения таких задач стала широко доступной миллионам людей, которых совершенно не интересовала при этом внутренняя математическая суть problems.

ПК является тем инструментом, который позволит в самом недалеком будущем формализовать и сделать широко доступными многие из все еще трудноформализуемых процессов в самых различных областях человеческой деятельности: экономике, технологии, медицине и т. д. При этом существенно отметить, что в тех профессиональных группах, где процесс формализации знаний развивается успешно, складываются необходимые условия для машинного тиражирования, и, следовательно, обесценивания «профессиональных тайн». Как правило, это связано с пересмотром социальных приоритетов в профессиональных группах и не всегда протекает безболезненно. Ситуация приобретает особую остроту из-за высоких темпов развития информационной технологии. В этих условиях смена критериев профессиональной компетенции (а, значит, и социальных приоритетов) может происходить по несколько раз за период деятельности жизни одного поколения...

**Социально-экономический прогноз внедрения ПК.** Резюмируя содержание этого раздела, сформулируем основные из ожидаемых следствий массового внедрения ПК:

— повышение производительности труда в информационной сфере народного хозяйства промышленно-развитых стран за счет массовой автоматизации трудноформализуемых («неарифметических») процедур управления, делопроизводства и т. д.

— социальная напряженность, вызванная необходимостью корректировки критериев профессиональной компетенции и, следовательно, социальных приоритетов в тех профессиональных группах, где на базе массового внедрения ПК успешно развивается процесс формализации знаний.

**Масштабы возможных потерь.** Массовая компьютерная грамотность и многомиллионные тиражи выпуска новых станков промышленной революции — станков для индивидуальной формализации профессиональных знаний, дают в 80-х годах мощный импульс к развитию производительных сил [56]. В этих условиях, отставание в развертывании индустрии ПК (там, где оно сложится) потребует уже к концу 80-х годов массивных дорогостоящих усилий для преодоления только наиболее очевидных его последствий (измеряемых по темпам роста производительности труда в информационной сфере). В целом, это может оказаться проблемой, по масштабам сопоставимой с известным в начале нашего века движением за ликвидацию неграмотности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шеннон К. Вычислительные устройства и автоматы. — В кн.: Работы по теории информации и кибернетике. — М.: ИЛ., 1963, с. 162—179.
2. Brooks F. P. The Mythical Man-Month. Addison-Wesley, 1975.
3. Гласс Р. Руководство по надежному программированию. — М.: Финансы и статистика, 1982.—256 с.

4. Электроника, 1982, № 6, с. 34—45.
5. Programmer shortage. — Electronics, 1981, March, 10, p. 142.
6. США: экономика, политика, идеология, 1983, № 5, с. 120.
7. Изв. АН СССР, Сер. ТК, 1982, № 5, с. 173—198.
8. Martin J. With research by March R. Application Development Without Programmers. Savant Inst, Seminar documentation by J. Martin, vol. 1, 11. Published in UK by Savant Research Studies, Laucashire, 1981.
9. Брусенцов Н. П. Мини-компьютеры. — М.: Наука, 1979. — 272 с.
10. В кн.: Всесоюзная конференция «Диалог-82-микро». Тез. докл. — Пушкино, НЦБИ АН СССР, 1982, с. 3—8.
11. ТИИЭР, 1976, т. 64, № 6, с. 5—11.
12. Science, 1982, 12 February, p. 755—759.
13. Electronic News, 1980, March, 3.
14. Электроника, 1983, № 1, с. 35—36.
15. Electronic Desing, 1981, v. 29, N 1, pp. 190—199.
16. Personal computer world, 1980, v. 3, N 8, p. 43.
17. Datamation, 1977, N 9, p. 68.
18. Computer and People, 1981, November—December, p. 12—15.
19. Microprocessing and Microprogramming, 1981, N 8, p. 1—9.
20. Электроника, 1980, № 23, с. 91.
21. Электроника, 1983, № 5, с. 114.
22. Computer and People, 1981, v. 30, N 7—8, pp. 8—11, 22.
23. Электроника, 1983, № 10, с. 69—72.
24. Datamation, 1977, v. 23, N 7, p. 72—75.
25. Шиллер Г. Манипуляторы сознанием. — М.: Мысль, 1980. — 326 с.
26. Электроника, 1982, № 10, с. 10—11.
27. Datamation, 1982, N 4, April, p. 13.
28. Electronics, 1982, N 6, pp. 92, 94.
29. EDN, 1982, March, 31, p. 33—36.
30. Электроника, 1982, № 24, с. 21.
31. Electronics, 1981, April, 21, p. 169.
32. Электроника, 1982, № 25, с. 12—13.
33. Электроника, 1982, № 23, с. 98—99.
34. Электроника, 1983, № 9, с. 104.
35. УСИМ, 1974, № 2, с. 124—129.
36. В кн.: Всесоюзная конференция «Диалог-82-микро»: Тез. докл. — Пушкино, НЦБИ АН СССР, 1983.
37. Электроника, 1982, № 24, с. 6—8.
38. Электроника, 1982, № 25, с. 14—15.
39. Computer Design, 1983, May, p. 231—242.
40. Electronic Design, 1981, January 22, N 2, p. 47—54.
41. Зарубежная радиоэлектроника, 1982, № 10, с. 11—39.
42. Электроника, 1983, № 9, с. 43—44.
43. Электроника, 1982, № 24, с. 74—77.
44. Электроника, 1981, № 2, с. 81.
45. Монтень М. Опыты. — М.: Наука, 1980, т. 1—11. — 103 с.
46. Электроника, 1982, № 17, с. 81—82.
47. Электроника, 1982, № 16, с. 79—81.
48. США: экономика, политика, идеология, 1981, № 12, с. 94—103.
49. The Industrial Robot, 1981, N 4, p. 207.
50. Электроника, 1981, № 18, с. 87—89.
51. Electronics, 1981, December 29, p. 60—61.
52. Вейценбаум Дж. Возможности вычислительных машин и человеческий разум. — М.: Радио и связь, 1982. — 368 с.
53. Datamation, 1977, v. 23, N 9, p. 67—68.
54. Электроника, 1982, № 6, с. 129.
55. Datamation, 1982, N 6, p. 66—74.
56. Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации. — Пушкино. НЦБИ АН СССР, 1982.

Статья поступила 15 декабря 1983 г.

Г. А. Звенигорский, Н. Г. Глаголева,  
П. А. Земцов, Е. В. Налимов, В. А. Цикоза

## Программная система «Школьница» и ее реализация на персональных ЭВМ

Систему «Школьница» можно эффективно использовать в работе со школьниками любого возраста и со студентами вузов и техникумов, а также в составе автоматизированных рабочих мест специалистов различного профиля для решения прикладных задач в диалоговом режиме.

Одна из важнейших сфер внедрения вычислительной техники — образование, в том числе — общеобразовательная школа. Обучая работе с ЭВМ, школа будет готовить учащихся к эффективному использованию возможностей современной техники в общественном производстве, науке, здравоохранении, культуре и образовании. Кроме того, благодаря ЭВМ можно широко применять моделирующие программы, тренажеры, развивающие игры, а это повышает качество преподавания многих предметов школьного курса.

Малогобаритные и достаточно дешевые персональные ЭВМ имеют очень широкую сферу применения: от автоматизации производственных процессов и научных исследований до обучения школьников, квалифицированных рабочих, студентов и переподготовки кадров. В учебных заведениях различного профиля (включая школы) оборудуются вычислительные кабинеты, в которых каждое рабочее место учащегося оборудовано персональной ЭВМ (ПЭВМ). Для использования ПЭВМ в учебных заведениях требуется специализированное программное обеспечение.

Пакеты прикладных программ и системы программирования, предназначенные для учащихся различного возраста и квалификации, сегодня одна из наиболее развитых компонент программного обеспечения ПЭВМ.

В Вычислительном центре СО АН СССР при участии Новосибирского университета разработана программная система «Школьница» для оснащения персональных ЭВМ, в частности эта система реализована в составе системного программного обеспечения персональной ЭВМ «Агат».



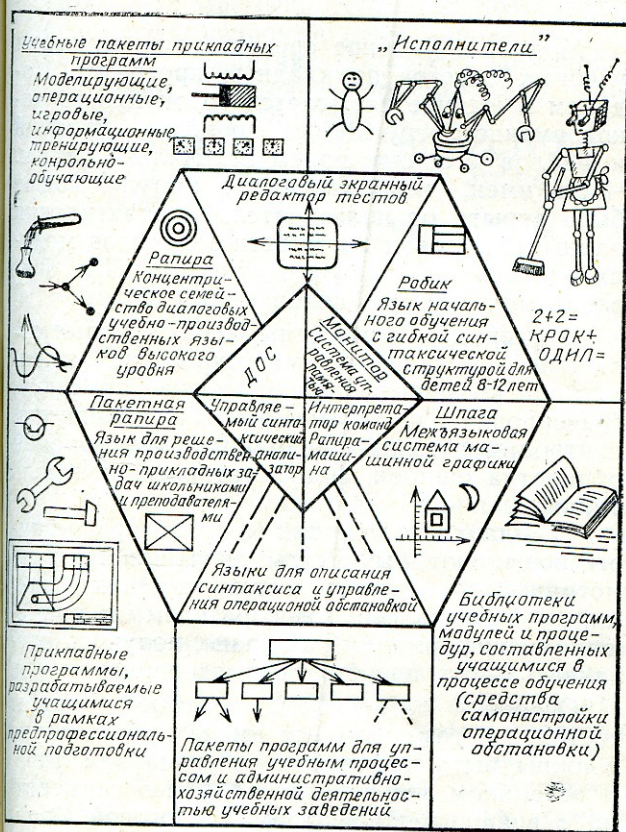
## Структура системы «Школьница»

«Школьница» — интегрированная программная среда учебно-производственного назначения. Ее общая структура представлена на рисунке в виде трехслойной диаграммы. Она объединяет в себе свойства интегрированной многоязыковой системы программирования с управляемой структурой, комплекта пакетов прикладных программ учебного назначения, инструментальной системы для реализации таких пакетов и диалоговой архивно-сервисной системы. Система позволяет:

— ознакомить учащихся с возможностями ЭВМ, сформировать у них важнейшие навыки программирования и применения вычислительных машин;

— построить для каждого учащегося индивидуальную операционную обстановку, позволяющую ему решать на ЭВМ задачи по различным дисциплинам самым удобным для него способом;

— повысить качество преподавания различных дисциплин, используя информационные, моделирующие, логические, демонстрационные и другие возможности персональных ЭВМ;



Структура интегрированной программной среды «Школьница»

— обеспечить возможность оперативного решения небольших задач на ПЭВМ пользователями, не имеющими специальной подготовки в области вычислительной техники;

— организовать автоматизированный контроль знаний и умений учащихся, а также управление учебным процессом.

Основную роль в системе играет *средний слой* — языковое ядро, образованное ее входными языками. *Внешний слой* — наполнение — состоит из библиотек и пакетов программ, написанных на входных языках системы. Наконец, *внутренний слой* (межязыковое системное основание), невидимый для пользователя, включает в себя резидентные модули, обеспечивающие работу остальных слоев.

## Учебно-производственный язык Рапира

Основной входной язык системы «Школьница» — учебно-производственный язык Рапира. Он предназначен для обучения основным способам и приемам решения задач на ЭВМ учащихся, уже знакомых с важнейшими понятиями и конструкциями программирования на примере языка начального обучения. Рапира может быть использована для решения разнообразных прикладных задач. Вместе с тем Рапира — основной инструментальный язык системы «Школьница»: на этом языке записывается большинство прикладных программ и учебных пакетов, образующих наполнение системы.

В составе системы есть несколько версий Рапиры: концентрическое семейство диалоговых языков, последовательно используемых в процессе обучения, и пакетная версия, предназначенная для написания учебных пакетов, обучения школьников в рамках предпрофессиональной подготовки (уроки труда, кружки, факультативы), профессиональной подготовки и работы на автоматизированных рабочих местах технологов-программистов (АРМ ТП). Внешний концентр диалоговой Рапиры представляет собой частично-типизированный язык с разнообразными управляющими конструкциями и структурами данных.

Лексические единицы языка (лексемы) — имена, служебные слова, числа, тексты, специальные символы и комментарии. Длина большинства лексем, в том числе имен, текстов и целых чисел в языке не ограничивается. Форма их записи в общем традиционна. Имена и служебные слова синтаксически не отличаются друг от друга и распознаются контекстно. Между любыми лексемами, но не внутри них, может быть вставлено произвольное число пробелов, переводов строк и комментариев. В качестве базового естественно-го языка для Рапиры выбран русский.

Программа на языке Рапира — это последовательность предписаний, процедурных блоков и объявлений имен. Каждое правильное законченное предписание, не входящее в состав процедурного блока, исполняется немедленно после ввода его с клавиатуры. Если в предписании ошибка, то на экране появляется развернутое диагностическое сообщение.

Объявления имен в диалоговой Рапире не обязательны. Необъявленные имена и имена, объявленные без указания типа, по умолчанию относятся к универсальному типу. Значениями таких имен могут быть любые объекты языка: числа, тексты, множества, кортежи, записи, процедуры, функции, файлы, кадры, рисунки, модули и специальное пустое значение.

Над числами в Рапире выполняются обычные арифметические операции (включая возведение в степень) и операции сравнения. Для текстов предусмотрено определение количества символов в них и работа с отдельными участками текстов.

В Рапире используется три вида составных значений: множества, записи и кортежи. Для каждого вида есть соответствующая многоместная операция формирования, позволяющая построить составное значение из нескольких элементов. Каждая из этих структур может содержать произвольное число элементов различных видов.

Множество рассматривается как неупорядоченная совокупность попарно различных элементов, кортеж — как упорядоченная последовательность индексируемых элементов, запись — как составное значение с именованными полями.

Над множествами выполняются обычные математические операции: объединение, пересечение, вычитание, определение мощности, проверка принадлежности, сравнение на равенство и неравенство. Для кортежей и текстов используются одинаковые операции; для записей есть единственная операция — выборка по названию поля. Для иерархически вложенных составных значений допускается многократная индексация. Над процедурными и функциональными значениями разрешена единственная операция — вызов с традиционным синтаксисом.

Файл в Рапире определяется как значение произвольного вида, хранящееся на внешнем носителе. Действия с файлами реализуются при помощи специальных предписаний.

В Рапире предусмотрены следующие предписания:

- присваивание, обозначаемое стрелкой вправо ( $\rightarrow$ );
- ВВОД и ВЫВОД;

— циклы (четыре разновидности — ПОКА, ПОВТОР, ДЛЯ-ИЗ и ДЛЯ-ОТ-ДО-ШАГ);

— ветвления (три разновидности ЕСЛИ, ВЫБОР и ВЫБОР ИЗ);

— вызов процедуры;

— ВКЛЮЧИТЬ и ВЫКЛЮЧИТЬ (для управления потоками ввода-вывода, отладочными режимами и модулями);

— ВЫХОД (для выхода из процедур), СТОП и ПУСК;

— КОНТРОЛЬ (установка контрольных точек в отладочном режиме);

— управление файлами.

Экранный текстовый редактор для описания процедур, функций и модулей и для работы с текстовыми файлами включает автоматический после набора первой строки заголовка соответствующей конструкции.

Для процедур в Рапире предусмотрено три типа параметров: входные (передаваемые по значению), выходные и возвратные. В функциях используются только входные параметры. В процедурах и функциях могут быть объявлены локальные имена. Поиск имен осуществляется по динамической цепочке вызовов. Других способов локализации в языке нет.

Модули — удобное средство для описания учебных пакетов прикладных программ. Модулем в Рапире называется совокупность одновременно загружаемых процедур, функций и файлов с общим полем нелокальных имен. Часть имен, используемых в модуле, может быть скрыта от пользователя (инкапсуляция данных). Условия видимости элементов модуля определяются при его описании. Для описания модулей есть специальный режим.

В языке предусмотрены разнообразные отладочные механизмы: многоуровневая защита имен по записи, приостановка процедур, трассировка и автоматическая прокрутка, контрольные точки, инварианты, управляемая обработка ошибок, факультативный контроль типов имен.

Стандартные функции и процедуры Рапиры позволяют вычислять значения тригонометрических и других математических функций, управлять громкоговорителем и размещением информации на экране, получать случайные числа, преобразовывать данные и т. д.

Основная особенность пакетной Рапиры состоит в том, что все имена обязательно должны быть объявлены с указанием типа. В остальном эта версия полностью совместима с внешним центром диалоговой Рапиры, что позволяет отлаживать программы в диалоге, а затем переводить их на пакетную версию и компилировать.

## Графическая система Шпага и язык начального обучения Робик

Графическая система Шпага — это встроенный межязыковый модуль, позволяющий получать на цветном или черно-белом экране линейные и растровые рисунки, формировать простейшие мультипликационные фильмы, выполнять геометрические преобразования.

Особое место в системе занимает язык Робик, предназначенный для обучения младших школьников (8—12 лет) основным понятиям и навыкам программирования.

По операционным возможностям Робик близок к внутреннему концентру Рапиры. Основные предписания в нем следующие: присваивание, ввод, вывод, ветвление (ЕСЛИ-ТО-ИНАЧЕ), циклы (две разновидности), вызов процедуры, ВКЛЮЧИТЬ и ВЫКЛЮЧИТЬ и некоторые отладочные конструкции. Для описания функций и процедур используется тот же текстовый редактор, что и в Рапире. Лексика этих языков практически совпадает. Однако, в отличие от Рапиры, большинство предписаний Робика имеет несколько синтаксических форм: от развернутых, полностью описывающих семантику предписания, до кратких, близких к рапировским. Такой «сжимаемый» синтаксис позволяет использовать произвольное запоминание для усвоения семантики основных конструкций. Например, простейшее присваивание можно написать в полной форме —

ЗНАЧЕНИЕ „Лев” ПОМЕСТИТЬ В БЛОК ПАМЯТИ с ИМЕНЕМ Зверь;

в более короткой —

ЗНАЧЕНИЕ „Лев” ПРИСВОИТЬ ИМЕНИ Зверь;

и в совсем короткой —

„Лев” ПРИСВОИТЬ Зверь;

На Рапире это предписание будет выглядеть так:

„Лев” —> Зверь;

### Аппарат исполнителей в языке Робик

Основная особенность Робика, связанная с педагогической ориентацией этого языка — механизм исполнителей. Исполнитель — это встроенный пакет прикладных программ или программная модель некоторого объекта или процесса, имеющая свой входной язык. Каждый исполнитель характеризуется множеством допустимых предписаний с самостоятельным синтаксисом и семантикой и определяет, таким образом, расширение базового Робика. Обычные для языков программирования операции над числами и текстами могут выполняться в Робике только при помощи специальных исполнителей. В программах для исполнителей можно использовать все управ-

ляющие конструкции Робика, включая циклы, ветвления и процедуры. Это позволяет обучать школьников основным навыкам программирования на интересных и наглядных примерах. Кроме того, в языке предусмотрена возможность генерации нескольких однотипных исполнителей с различными именами, что позволяет обучать простейшим методам синхронизации параллельных процессов.

В системе «Школьница» предусмотрены средства для описания новых исполнителей в дополнение к стандартным. Поэтому всю совокупность исполнителей можно отнести к внешнему слою — наполнению системы, представляющему собой самую гибкую ее часть, формируемую и модифицируемую пользователем в процессе эксплуатации. Таким образом, язык Робик в отличие от Рапиры — открытый язык, синтаксис и семантика расширений которого определяются пользователем.

Описание исполнителей осуществляется с использованием текстового редактора в специальном режиме, аналогичном режиму описания модулей в Рапире. Синтаксис предписаний задается отдельным входным языком, основанным на сетевом описании синтаксических диаграмм. Семантика исполнителей описывается с помощью специальных модулей Рапиры со специфической структурой.

### Средства управления операционной обстановкой

Как уже указывалось, одна из важнейших задач системы «Школьница» в учебном процессе — формирование специфической операционной обстановки для каждого учащегося. Операционная обстановка — это набор возможных действий вместе со средствами их выполнения [1]. При работе с системой «Школьница» обстановка включает в себя определенные технические возможности (работа с диском, экраном, динамиком, печатающим устройством и т. п.), множество доступных операций, предписаний, стандартных модулей, файлов, функций и процедур, комплект подключенных учебных пакетов прикладных программ и исполнителей, а также библиотеку программ, составленных пользователем для себя. Операционная обстановка для каждого урока определяется преподавателем исходя из текущей учебной задачи. Например, иногда бывает целесообразно закрыть учащемуся доступ к некоторым информационным файлам или языковым конструкциям, чтобы проверить его знания или сформировать операционные навыки. Для формирования операционной обстановки предусмотрен еще один самостоятельный язык, входящий в состав языкового ядра системы.

## Пакеты программ библиотеки

Внешний слой — наполнение системы «Школьница» — образован программными модулями и исполнителями, описанными с использованием входных языков системы. Большая часть слоя — программы, составленные преподавателями и методистами для учащихся и самими школьниками для себя: Это позволяет определять «Школьницу» в целом как программную среду.

Основная часть наполнения — учебные пакеты прикладных программ, представляющие собой комплексы взаимосвязанных процедур, функций и файлов для решения учебных задач при изучении одного или нескольких школьных предметов.

Для учебного процесса выделим следующие основные разновидности пакетов:

— *моделирующие* — управляемые программные модели объектов и процессов;

— *операционные*, предоставляющие пользователю набор дополнительных возможностей и тем самым расширяющие операционную обстановку;

— *информационные* — базы данных по тематике школьных предметов со специализированными языками запросов;

— *тренажеры* для отработки определенных навыков во взаимодействии с ЭВМ;

— *контрольно-обучающие* — курсы программированного обучения, составленные с учетом возможностей ПЭВМ, или программы для проверки знаний и навыков учащихся.

Многие пакеты, относящиеся к любой из перечисленных разновидностей (особенно при работе с учащимися младшего школьного возраста), могут быть оформлены как игры.

Пример моделирующего пакета — программная модель установки для вывода и проверки газовых законов. При работе с этим пакетом на экране телевизионного монитора видно схему установки, состоящей из цилиндра с подвижным поршнем, нагревательной спирали, охладителя, баллона с газом, термоизоляционной оболочки и приборов, показывающих объем, давление, температуру и массу газа, температуру окружающей среды и условное время. Учащийся может изменять характер движения поршня (зафиксировав либо объем, либо давление), управлять температурным режимом, включая или выключая нагреватель или охладитель, регулировать теплообмен со средой и т. д. Пакет используется автономно (иногда для работы с ним не обязательно уметь программировать) или в режиме диалога с интерпретатором Рапиры. Это позволяет составить план эксперимента и описать соответствующую про-

цедуру на Рапире, а затем следить на экране за ее выполнением.

Примеры операционных пакетов: модель химической лаборатории, конструкторы для моделирования электро- и радиоцепей, музыкальная шкатулка, набор процедур для анализа функций и построения графиков и т. д.

Состав, назначение и принципы формирования других элементов внешнего слоя легко понять, изучив рисунки.

## Реализация системы «Школьница»

Для реализации системы «Школьница» на ПЭВМ разработан универсальный синтаксически-управляемый интерпретатор с использованием промежуточной системы команд виртуальной Рапира-машины.

Разбор предписаний, записанных на любом из входных языков, производится единым анализатором со сменными комплектами таблиц синтаксических описаний. В процессе анализа исполняются те или иные семантические подпрограммы, формирующие промежуточный код, состоящий из команд Рапира-машины.

Табличное управление синтаксическим разбором позволяет использовать один и тот же анализатор для всех входных языков, облегчает подключение к Робику новых исполнителей и упрощает управление концентратором Рапиры при формировании операционной обстановки обучения. Система команд Рапира-Машины включает команды для всех предусмотренных во входных языках операций над данными, для работы со стеками, управления последовательностью действий, потоками ввода-вывода и режимами работы ЭВМ.

В интерпретаторе команд используются три типа памяти: два программных стека со встречным заполнением, главный пул динамической памяти с произвольным доступом и фиксированные операционные буфера. Система управления памятью обеспечивает работу со стеками главным пулом. В связи с тем, что интерпретатор требует выделения и освобождения блоков памяти с большим разбросом размеров запрашиваемых блоков, для управления главным пулом памяти выбран метод «близнецов», обеспечивающий требуемые динамические характеристики [2].

Работой системы управляет главный монитор.

## Опыт применения системы «Школьница»

В настоящее время система «Школьница», как уже упоминалось, реализована на отечественной персональной ЭВМ «Агат» в исполнении, включающем ОЗУ емкостью

96 Кбайт, ДЗУ на гибком магнитном диске емкостью 128 Кбайт и растровый телевизионный монитор с информационной емкостью  $32 \times 32$  символа,  $128 \times 128$  цветных точек растра или  $256 \times 256$  черно-белых точек. Сокращенная версия системы с лексикой на основе английского языка реализована на ЭВМ «Apple» с ОЗУ емкостью 48 Кбайт. В дальнейшем предполагается перенести систему на другие типы малых ЭВМ и модифицировать ее для локальных сетей персональных ЭВМ [3].

Система эксплуатируется в ВЦ СО АН СССР, в вычислительном кабинете средней школы № 166 г. Новосибирска, на предприятиях и в других организациях. Как показали первые месяцы опытной эксплуатации, систему можно эффективно использовать в работе со школьниками любого возраста (эксперименты проводились в четвертых, седьмых и девярых классах) и со студентами вузов и техникумов. Система «Школьница» повышает качество обучения различным дисциплинам. Ее можно применять в составе автоматизированных рабочих мест специалистов различного профиля для решения прикладных задач в диалоговом режиме. В этом случае перед работой с системой не требуется специальной подготовки.

Исходные теоретические положения, реализованные в системе «Школьница», были разработаны в группе школьной информатики ВЦ СО АН СССР под руководством член-корреспондента АН СССР А. П. Ершова [4—6]. Результаты педагогических исследований и экспериментов группы, а также резюме основных положений представлены в работах [7, 8].

Первые версии языков Робик и Рапира и графической системы «Шпага», входящих в систему «Школьница», появились в 1975—1978 гг. [13, 14]. При выборе схемы диалога и способов работы со сложными структурами данных в Рапире использовались элементы современных языков высокого уровня, таких как Сетл [9] и Поп-2 [10]. Аппарат исполнителей, принятый в Робике, по своим операционным возможностям близок к базовым конструкциям языков Лого [11] и Smalltalk [12].

В реализации на различных ЭВМ базовой части системы «Школьница» и ее наполнения принимали активное участие школьники — учащиеся и выпускники новосибирской и Всесоюзных Летних школ юных программистов. Так, первые реализации языков Робик и Рапира и системы «Шпага» на ЭВМ БЭСМ-6 были осуществлены с участием О. В. Хорошевой, А. К. Салиховой, Н. А. Соколовой, в реализации базовой части системы на ЭВМ «Apple» и «Агат» вместе с ав-

торами участвовали Л. Р. Рабинович и Е. Л. Васенева, серия учебных пакетов прикладных программ для этой системы разработана В. Ю. Волковой, А. Д. Петровым, Д. А. Баклановым, С. В. Гавриленко.

Существует пробная реализация языка Рапира на ЕС ЭВМ, выполненная в Ленинградском университете [15].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эфрос Л. Б. Концептуальный анализ программных систем: Препринт № 75. — Новосибирск, 1977. — 22 с.
2. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Основные алгоритмы. — М.: Мир, 1976, т. 1. — 736 с.
3. Иоффе А. Ф. Персональные информационно-обучающие и вычислительные устройства «Агат». Состояние и перспективы развития. — В кн.: Диалог-82-микро: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. Пушкино. ВЦ АН СССР, 1982, с. 12—14.
4. Ершов А. П., Звенигородский Г. А., Первин Ю. А. Школьная информатика (концепции, состояние, перспективы): Препринт № 152. — Новосибирск, 1979. — 51 с.
5. Ershov A. P. Programing, the second literacy. — In: Computers in education. North-Holland Publ. Comp. — IFIP, 1981, p. 1—7; см. также: Ершов А. П. Программирование — вторая грамотность. — ЭКО, 1982, № 2, с. 143—156.
6. Звенигородский Г. А. Некоторые вопросы методологии учебного программирования. — В кн.: Второй чехословацко-советский семинар молодых ученых по математической информатике. — Братислава, 1982, с. 44—50.
7. Ершов А. П., Звенигородский Г. А., Литерат С. И., Первин Ю. А. Работа со школьниками в области информатики. Опыт Сибирского отделения АН СССР. — Математика в школе, 1981, № 1, с. 47—50.
8. Ershov A. P., Pervin Yu. A., Yuperman N. A., Zvenigorodski G. A. Computers in school: formulating a national program. — Alberta printout, 1983, v. 4, N 2, p. 34—37.
9. Левин Д. Я. Язык сверхвысокого уровня СЕТЛ и его реализация (для ЭВМ БЭСМ-6). — Новосибирск: Наука, 1983. — 160 с.
10. Баяковский Ю. М., Вьюкова Н. И., Галатенко В. А., Ходулев А. Б. Программирование на языке ПОПЛАН. — М.: ИПМ АН СССР, 1976. — 76 с.
11. Paper S. Mindstorms (children, computers, and powerful ideas) — Brighton: The Harvester Press Ltd, 1980. — 230 p.
12. Goldberg A., Robson D. Smalltalk-80. The language and its implementation. — Addison-Wesley Publ. Comp., 1983. — 718 p.
13. Звенигородский Г. А. Система математического обеспечения, ориентированная на школьный учебный процесс. — УСИМ, 1980, № 5, с. 76—82.
14. Звенигородский Г. А. Язык начального обучения Робик в учебной системе программирования. — В кн.: Программное обеспечение задач информатики. — Новосибирск, 1982, с. 72—85.
15. Звенигородский Г. А., Салихова А. К., Цикоза В. А. Машинная графика в математическом обеспечении учебного процесса. — В кн.: Прикладные методы информатики. — Новосибирск, 1980, с. 121—133.
16. Звягина Н. И., Терехов А. Н. Реализация диалогового учебного языка Рапира на ЕС ЭВМ. — В кн.: Системное и теоретическое программирование: Тез. докл. IV Всесоюз. симп. (31 мая — 2 июня 1983 г.). — Кишинев: Штиинца, 1983, с. 168—169.

Статья поступила 13 декабря 1983 г.

А. Ф. Иоффе

## Массовые персональные ЭВМ серии «Агат»

Персональные ЭВМ «Агат» могут эффективно применяться в качестве персональных автоматизированных рабочих мест (АРМ конструктора, научного работника, технолога) и в локальных автоматизированных системах управления (отделы, цеха, гостиницы).

Начало 80-х годов ознаменовано бурным развитием принципиально нового класса универсальных ЭВМ — персональных ЭВМ (ПЭВМ). Термин «персональный» в данном случае характеризует скорее технологию общения с ЭВМ и характер информационных связей в системе «человек—машина», нежели рыночный аспект.

ПЭВМ — это не просто микроЭВМ с высоким уровнем интеграции; основной критерий персональности состоит в автономности работы пользователя при высоком уровне интерактивности и показателя «производительность/стоимость». В основном ПЭВМ применяется в режиме «прозрачном» для пользователя. Последний должен, работая с клавиатурой, выполнять появляющиеся на экране инструкции, предоставляющие возможности альтернативного выбора.

По мнению специалистов, появление персональных ЭВМ — одно из наиболее важных по социальным последствиям достижений вычислительной техники и микроэлектроники. Широкое внедрение ПЭВМ окажет истинно революционизирующее воздействие на различные сферы управленческой и производственной деятельности, систему обслуживания, образование, здравоохранение за счет высокого уровня индивидуализации знаний, информации и различных услуг. ПЭВМ могут эффективно использоваться в качестве персональных автоматизированных рабочих мест (АРМ конструктора, научного работника, технолога и т. д.) и в локальных автоматизированных системах управления (отделы, цеха, гостиницы, станции техобслуживания, поликлиники и т. д.). Для «активного» пользователя-программиста ПЭВМ обеспечивает необходимые сервисные условия и высокий уровень интерактивности.

В статье рассматриваются основные характеристики персональных ЭВМ серии «Агат» [1], предназначенных для массового производства и применения.

### Особенности проектирования ПЭВМ

Класс персональных ЭВМ не потребовал при своем формировании разработки принципиально новой элементной базы, новых архитектурных и схемотехнических решений: задача в основном состояла в решении системотехнических вопросов синтеза аппаратных и программных средств и в определении социальных границ их применения. Основной методологический инструмент проектирования ПЭВМ — это системная оптимизация, базирующаяся на функционально-стоимостном подходе, который позволяет при ограниченных ресурсах проектируемых устройств обеспечить эффективность их использования.

ПЭВМ следует отнести к системам с развивающейся структурой. Многокритериальная задача их оптимального проектирования, целесообразного производства и применения со значительным жизненным циклом достаточно нетривиальна.

Процесс накопления аппаратно-программных ресурсов ПЭВМ состоит из двух неравных по времени фаз: централизованное проектирование разработчиком и децентрализованное проектирование пользователем. Если проектирование в первой фазе опирается на конкретные условия (элементные, технические, технологические, экономические и т. д.), достаточно детерминировано и ограничено во времени, то проектирование во второй фазе неограниченно во времени и носит коллективный характер с различными целевыми функциями и широким диапазоном качества разрабатываемых аппаратно-программных средств. Искусство разработчика ПЭВМ проявляется в умении оптимально соединить фазы за счет максимального привлечения потенциальных потребителей к процессу проектирования в первой фазе, в частности, в умении определить минимальный аппаратно-программный базис, распределить общий ресурс ПЭВМ между аппаратными и программными средствами, разработать целевые аппаратные и программные средства и т. п. Именно подобный системный подход, а не уникальная элементная база и временные преимущества при ее наличии, может гарантировать успех проектирования. Об этом свидетельствует и зарубежный опыт создания таких ПЭВМ, как «Apple-II» и «PC IBM».

Весьма существенно при системном проектировании новой ПЭВМ определить уровень унификации и стандартизации создаваемых аппаратно-программных средств и необходимость их совместимости с существующими ПЭВМ. При этом приходится решать противоречивую задачу: с одной стороны, условие информационной совместимости требует проектировать ПЭВМ с высоким уровнем взаимной адаптивности, с другой, производство массового информационного продукта и его использование заставляет обеспечивать защиту информации от несанкционированного доступа и тиражирования. Решение об обеспечении совместимости проектируемой ПЭВМ с той или иной существующей моделью должно быть тщательно взвешенным и системно целесообразным.

### Основные характеристики ПЭВМ «Агат»

ПЭВМ «Агат» ориентированы на пользователей, не имеющих специальной подготовки, относятся к классу портативных и выпускаются в шести модификациях, которые отличаются объемом внутренней и внешней памяти, комплектованием интерфейсными модулями и содержат два основных блока: системный и клавиатуры.

Габариты системного блока: 500×315×180 мм. В системном блоке расположены функциональные модули, блок питания и 1—2 накопителя на гибком магнитном диске (НГМД). На месте НГМД предусмотрено размещение дисплея с экраном по диагонали 12,5 см или цифрового кассетного магнитофона. На задней стенке системного блока расположены коммутационные элементы, обеспечивающие базовый интерфейс ПЭВМ: магнитофон, RGB-монитор, блок клавиатуры, потенциометрические пульты. Внешний интерфейс ПЭВМ реализуется подключением периферийных устройств к интерфейсным разъемам модулей.

В системном блоке используются печатные платы размером 330×260 мм и 250×125 мм. На плате первого типа размещается общесистемный модуль, все остальные модули выполнены на платах второго типа.

Блок клавиатуры ПЭВМ «Агат» автономный и подключается по последовательному каналу (пятижильный витой кабель) к системному блоку. Клавиатура содержит 59 клавиш, обеспечивающих функции управления, а также ввод алфавитно-цифровой информации в русском и латинском регистрах со строчными и прописными буквами. Назначение 15 дополнительных клавиш задается программно.

### Техническая характеристика ПЭВМ «Агат»

Разрядность	
Быстродействие (регистр — регистр)	8 бит
Объем внутренней памяти:	3 · 10 <sup>5</sup> операций/с
ОЗУ	64, 128, 256 Кбайт
ПЗУ	32 Кбайт
Объем внешней памяти:	
НГМД ЕС-5088 или ЕС-5089	250 Кбайт (два НГМД)
НМЛ (бытовой магнитофон)	125 Кбайт
Скорость обмена	до 1200 бод
Потребляемая мощность	60 Вт
Напряжение питания	220 В, 50 Гц
Габариты (в сборе)	500×350×180 мм
Масса	9 кг
Печатающее устройство:	
мозаичного типа, Д100	165 зн./с, 132 зн. в строке, код КОИ-7
Габариты	410×320×120 мм,
Масса	12 кг
Монитор:	
на базе серийного цветного телевизора	256×256
Способы отображения:	
алфавитно-цифровой	32×32 (8 цв.), 64×32;
графический	64×64 (16 цв.), 128×128 (16 цв.), 256×256 (ч/б — черно-белый)

Интерфейс: два параллельных программируемых канала и один последовательный немодулированный канал типа RS-232C.

#### Дополнительные возможности\*

Интерфейс: работа по интерфейсу IEEE-488.

Способ отображения:

алфавитно-цифровой — 40×24, 80×24, графический — 48×40 (16 цв.), 280×192 (6 цв.)

АЦП: 12 каналов, 8 разрядов, время преобразования — 256 мкс.

Монитор: работа по антенному входу телевизора — 64×64 (цв.), 256×256 (ч/б).

Внешние устройства: перфоратор ленточный, фотосчитыватель, считыватель штриховых кодов, графопостроитель модем, видеокамера.

Работа в операционной системе CP/M.

\* Реализуются за счет модулей, поставляемых по особому заказу.

Модули ПЭВМ объединяются в единый функциональный системный блок с помощью внутренней магистрали, на которой реализован внутренний интерфейс ПЭВМ «Агат». Физически магистраль представляет собой набор из 7 разъемов (розеток) типа ОНп-КС-23-Р (60 контактов), связанных между собой унифицированной шиной из функционально-объединенных линий.

Все разъемы установлены на плате общесистемного модуля и функционально эквивалентны за исключением разъема I, через который дополнительно можно подключить контроллер СЕКАМ. Магистраль обеспечивает простую реконфигурацию ПЭВМ благодаря размещению дополнительных модулей в любом разьеме. Ограниченное число модулей и конструктивная компактность магистрали улучшают ее электрические параметры.

Структура внутреннего интерфейса ПЭВМ «Агат» обеспечивает связь с устройствами памяти с использованием всего адресного пространства применяемого микропроцессора (КР588) — 64 Кбайт. Данные могут передаваться в режиме прямого доступа из одного периферийного устройства (ПУ) в другое, из ПУ в память и обратно, минуя центральный процессор (ЦП). Большинство шин магистрали интерфейса двунаправленные, и все потребители подключаются параллельно по схеме «проводное ИЛИ»: обмен входными и выходными сигналами с модулями производится по одним и тем же шинам.

В любом обмене данными участвуют два устройства, связанные между собой как активное (управляющее устройство) и пассивное (управляемое устройство). Более одного активного устройства в момент обмена информацией быть не может. Оперативная и постоянная памяти всегда пассивны.

В табл. 1 приведена структура внутреннего интерфейса ПЭВМ «Агат». Категории линий — однонаправленного или двунаправленного действия обозначены соответственно 1Н и 2Н.

Таблица 1

Структура внутреннего интерфейса ПЭВМ «Агат»

Мнемоника	Название	Количество шин	Категория линий
A0-A15	Адресная шина	16	2Н
D0-D17	Шина данных	18	2Н
R/W	Чтение/запись	1	2Н
RES	Сброс	1	2Н
NMI	Немаскируемое прерывание	1	2Н
IRQ	Запрос прерывания	1	2Н
RDY	Готовность	1	2Н
DMA	Прямой доступ к памяти	1	2Н
INI OUT	Выход прерывания	1	1Н
INI/IN	Вход прерывания	1	1Н
DMA OUT	Выход прямого доступа к памяти	1	1Н
DMA IN	Вход прямого доступа к памяти	1	1Н
INH	Блокировка ЗУ	1	2Н
USER 1	Потребитель 1	1	2Н
I/O SELECT	Выборка ПЗУ устройств ввода-вывода	1	1Н
I/O STROBE	Строб ввода-вывода	1	1Н
DEVICE SELECT	Выборка внешних устройств	1	1Н
Ф1	Первая фаза тактовой частоты	1	1Н
Ф0	Вторая фаза тактовой частоты	1	1Н
2 МГц	Частота 2 МГц	1	1Н
FR1	Частота № 1	1	1Н
FR2	Частота № 2	1	1Н
GND	Общая шина	3	
+12v	Шина питания +12 В	2	
+5v	Шина питания +5 В	3	
-12v	Шина питания -12 В	1	

## Модули ПЭВМ «Агат»

В ПЭВМ «Агат» используется четыре группы модулей: процессорные; памяти; связи с периферийными объектами; связи с объектами управления и информации.

Обобщенная структура аппаратных средств ПЭВМ «Агат» приведена на рис. 1 (пунктиром отмечены модули, которые находятся в стадии разработки). Базовая модификация ПЭВМ содержит следующие модули: обшесистемный; центрального процессора; ОЗУ эмулятора ПЗУ; контроллера НГМД и параллельно-последовательного интерфейса. Остальные модули могут поставляться по заказу. В качестве основной элементной базы используются: в группе процессорных модулей микросхемы серий КР588 и КР580; в группе модулей памяти — К565, К573, К556; в остальных модулях — К155, К589, К531, К559, К555.

Дополнительные модули существенно расширяют функциональные возможности ПЭВМ «Агат». Благодаря модулю сопроцессора СР/М и модулю контроллера дисплея 80×24 можно использовать программное обеспечение широко распространенной для 8-разрядных ПЭВМ операционной системы, поддерживающей языки

высокого уровня: Паскаль, Кобол, ПЛ-1, С, Фортран и т. д. Используя модуль сопроцессора с собственными ОЗУ и каналом ввода-вывода, можно организовать параллельную обработку информации, т. е. повысить производительность ПЭВМ.

Модуль контроллера дисплея с алфавитно-графическим отображением содержит дополнительное ОЗУ и совместно с модулем ОЗУ эмулятора ПЗУ обеспечивает информационную совместимость на уровне носителей ПЭВМ «Агат» с ПЭВМ «Apple-II». В контроллере дисплея с динамическим режимом реализован оригинальный табличный метод формирования изображения, обеспечивающий существенную экономию объема видеопамати при высоком динамизме обработки изображения. Контроллер СЕКАМ обеспечивает стыковку ПЭВМ «Агат» с антенным входом телевизора, а контроллер видеокамеры — оптический ввод в ПЭВМ видеoinформации с разрешением 256×256 элементов разложения.

## Структура программных средств

Основу системного программного обеспечения (рис. 2) составляет набор системных подпрограмм «Монитор», интерпретатор языка «Бейсик—Агат», дисковая операционная система (ДОС), драйверы внешних устройств.

Набор системных подпрограмм «Монитор» выполняет функции супервизора системы, обеспечивает начальный запуск системы, контролирует прохождение всех программ.

Язык программирования «Бейсик—Агат» основан на диалоговых средствах и программных структурах языка Бейсик, который является подмножеством «Бейсик—Агат». Наряду с традиционным расширением Бейсика (арифметика с плавающей запятой, графические средства, возможность управления внешними устройствами) в языке программирования «Бейсик—Агат» предоставляются развитые средства разработки и отладки гибридных программ (в программу на языке Бейсик включаются участки на машинном языке). Предоставлены средства диалога, позволяющие отлаживать кодовые участки в обозначениях исходного текста. Все арифметические и изобразительные возможности Бейсика систематизированы в удобных программных обращениях из кодовых программ и библиотеки экстракодов, полностью совместимой с Бейсиком и имеющей свою систему мнемонических обозначений в средствах ассемблирования языка системы.

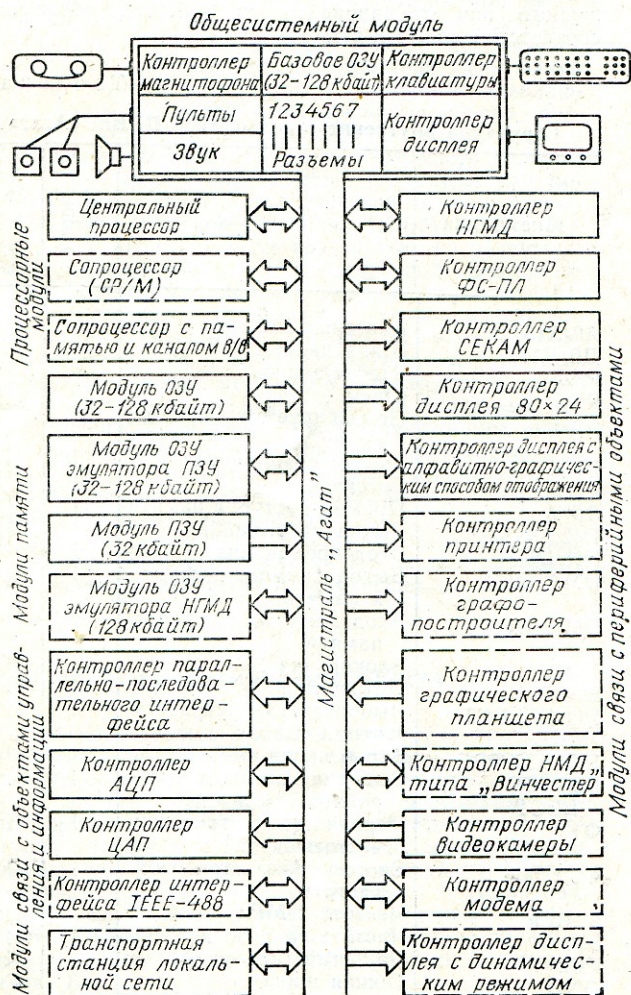


Рис. 1. Обобщенная структура ПЭВМ «Агат»

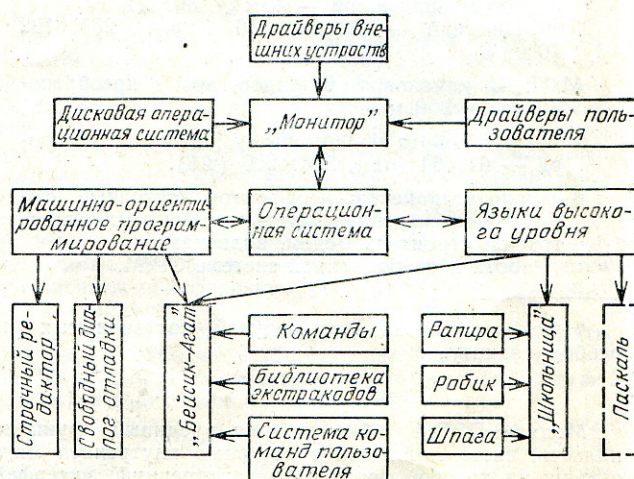


Рис. 2. Системное программное обеспечение



Для отладки машинных программ предусмотрен режим свободного диалога, исключающий закичивание неотлаженной программы пользователем. Обеспечивается приостановка отлаживаемой программы в указанных пользователем точках с выходом на режим отладочного диалога и возможностью продолжения программы. Реализация языка «Бейсик—Агат» предоставляет пользователю максимальный объем памяти в любой модификации ПЭВМ, причем расход памяти на системные нужды не превышает 20 Кбайт (для старших моделей это менее 10% общего объема памяти).

Дисковая операционная система предназначена для создания, сопровождения и уничтожения наборов данных (файлов) пользователя на НГМД ЕС-5088 (или ЕС-5089). ДОС позволяет работать с файлами двух типов, при этом можно расширять набор типов файлов в соответствии с потребностями пользователя. Объем ОЗУ, необходимый для работы ДОС (10—21 Кбайт), зависит от количества одновременно активных файлов. ДОС одновременно обслуживает до 10 НГМД, совместно со всеми элементами программного обеспечения ПЭВМ «Агат» и автоматически настраивается на любую конфигурацию ПЭВМ.

В состав системного программного обеспечения ПЭВМ «Агат» включена диалоговая система «Школьная», предназначенная для использования в учебном процессе общеобразовательных школ и других учебных заведений [2].

Основой программного обеспечения общего назначения является «деловой» пакет (рис. 3), содержащий систему управления базами данных (СУБД «Агат»), редакторы графики и текста и табличный вычислитель. Дополнение этого пакета программами ускоренного обучения машиннописи и скорочтению, которые разработаны для ПЭВМ «Агат», существенно повышает производительность труда пользователя.

СУБД «Агат» выполняет функции формирования, заполнения, корректировки и поиска в базах данных, состоящих из записей с постоянным составом полей следующих типов: *текст* (последовательность символов КОИ-8 длиной не более 256); *целый диапазон* (число из некоторого диапазона без ограничения на максимальную величину); *перечисление* (один из перечня элементов, заданного при формировании базы); *массив* (набор записей с переменным размером массива в процессе ввода и корректировки).

Запрос на поиск в СУБД «Агат» содержит описание структуры выходной информации и условия включения данных в выходные.

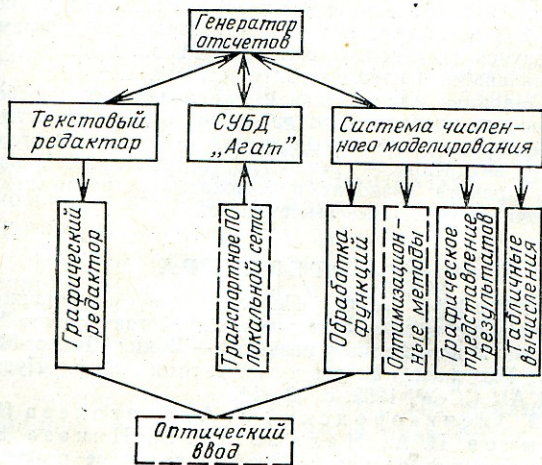


Рис. 3. «Деловой» пакет

Описание структуры выходной информации строится по процедуре создания базы данных. При этом полями выходной базы данных могут выбираться поля исходной базы. Для полей типа массив предусмотрены следующие функции: «количество» (количество элементов массива); «сумма», «минимум», «максимум», «среднее» (для числового поля записи, являющейся элементом массива).

Условия включения данных в выходные записываются в виде системы — по одному условию на каждое используемое в поиске поле типа массив. Основным режимом диалога СУБД является «меню». При этом максимально используется словарь загруженности в процессе создания базы (наименование полей и записей, названия элементов перечислений). Логическая емкость СУБД «Агат» — не менее двух тысяч записей, причем любой запрос реализуется за один просмотр, НГМД.

Редактор текста ПЭВМ «Агат» реализует стандартные функции редактирования текста: «передистывание» страниц; копирование, перемещение текста; вставка (удаление) символа, слова, абзаца; компоновка текста в тексте; поиск и замена сочетаний символов; формирование текста (левый, правый отступ, длина, ширина страницы и т. п.). Редактирование выполняется в оперативном режиме с отображением всех текстов на экране. При этом используются буквы русского и латинского алфавитов из регистров прописных и строчных букв. Предусмотрена возможность подключения дополнительных наборов символов и инструментальных программ для их формирования. В дальнейшем подключается форматтер печати для отображения любой страницы подготовленного текста на экране в уменьшенном масштабе (по точке на символ текста, рисунки воспроизводятся обозначением) и ступенчатого выравнивания в пределах страницы для размещения небольших рисунков рядом с поясняющим текстом.

Графический редактор ПЭВМ «Агат» обеспечивает редактирование изображения в трех графических режимах: 64×64 (16 цветов), 128×128 (16 цветов) и 256×256 (2 цвета). В набор функций графического редактора входят: «рисование» с помощью клавиш координатного перемещения курсора; черчение прямых линий и дуг окружностей; изменение цвета областей изображения; перемещение и размножение графических элементов; размещение текста в поле рисунка.

### Структура оперативного запоминающего устройства

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) ПЭВМ «Агат» занимает в адресном пространстве центрального процессора массив в 48 Кбайт — с адреса 0000 по BFFF (рис. 4, а). Для исполнений ПЭВМ с емкостью памяти в 64, 128 и 256 Кбайт используется страничная организация ОЗУ. Например, для ПЭВМ с емкостью памяти 128 Кбайт массив памяти разделяется на 8 подмассивов емкостью 16 Кбайт каждый (рис. 4, б). Два подмассива всегда занимают адресное пространство с 0000 по 7FFF. Остальные — переключаемые и один из них к адресам 8000—BFFF. Подключение того или иного подмассива определяется состоянием младшего разряда регистра управления памятью, содержанием которого может быть программно изменено центральным процессором. В этом случае младший разряд регистра выполняет функцию дополнительного разряда адреса ЦП. Предусмотрено подключение подмассивов удвоенной емкости — 32 Кбайт (рис. 4, в). Через соответствующие программные переключатели подобный режим определяется состоянием старшего разряда регистра управления памятью.

ОЗУ связано шинами адреса и данных с двумя «пользователями»: ЦП и дисплейным контроллером (ДК). Шины адреса и данных дисплейного контроллера

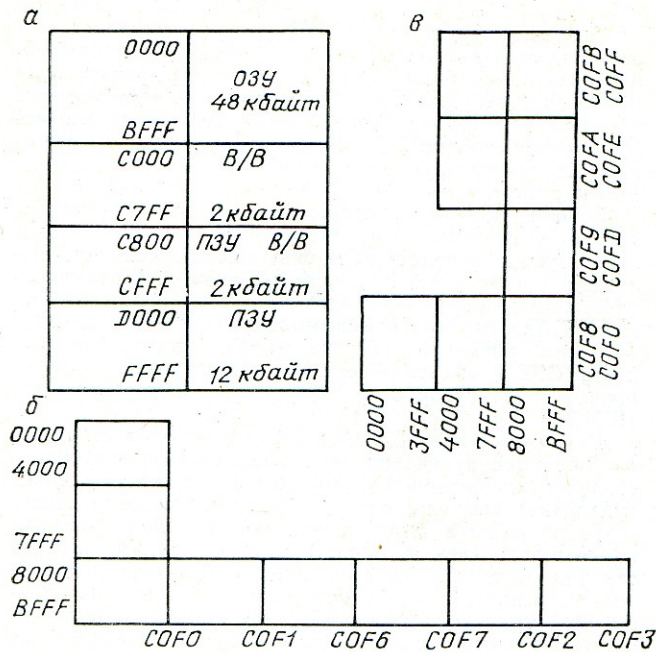


Рис. 4. Оперативное запоминающее устройство

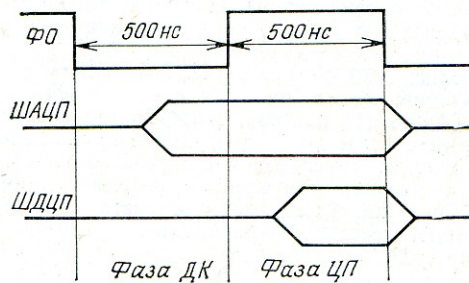


Рис. 5. Синхронизация работы двух пользователей

Таблица 2  
Характеристика базовых способов отображения

Способ отображения	Формат изображения	Размер элемента разложения, точек	Количество цветов	Объем видеоОЗУ, кбайт
Графический высокого разрешения	256×256	1×1	ч/б	8
Графический среднего разрешения	128×128	2×2	16	8
Графический низкого разрешения	64×64	4×4	16	2
Первый алфавитно-цифровой	32×32	7×8 (знакоместо) 5×7 (символ)	16	2
Второй алфавитно-цифровой	64×32	"	16	2

образуют вторую внутреннюю магистраль ПЭВМ и выполнены 16-разрядными однонаправленными, так как дисплейный контроллер только считывает информацию. Для синхронизации двух «пользователей» предусмотрена работа их в разных фазах основной частоты магистрали «Агат» — Ф0 (рис. 5). ЦП получает доступ к ОЗУ в течение положительного уровня Ф0 (фаза ЦП), а ДК — в течение отрицательного уровня (фаза ДК).

### Отображение информации

Дисплейный контроллер ПЭВМ «Агат», расположенный на плате общесистемного модуля, обеспечивает формирование трех графических и двух алфавитно-цифровых способов отображения (табл. 2).

Работой дисплейного контроллера управляют с помощью регистра, содержимое которого изменяется центральным процессором.

### Проблемы внедрения

Широкое внедрение ПЭВМ необходимо для принципиального повышения производительности труда во всех сферах человеческой деятельности, а в сфере получения знаний и услуг — для создания потребителю комфортных условий. Уже сейчас практически любая бытовая ячейка насыщена основными элементами, характерными для профессиональной информационно-вычислительной и управляющей системы. Однако массовое внедрение такого нетрадиционного изделия, как ПЭВМ, требует определенной социально-экономической стратегии. По-видимому, целесообразно разбить процесс внедрения на два этапа.

На первом этапе внедрения сферу рыночного потребления следует свести к минимуму, а основное внимание уделить внедрению ПЭВМ по пяти направлениям: образование, сфера обслуживания, здравоохранение, культура, автоматизация учрежденческой деятельности.

Это позволит провести широкую социальную апробацию нового вида аппаратуры в областях, обеспечивающих массовую подготовку пользователей.

Одной из форм внедрения ПЭВМ «Агат» могла бы стать широкая сеть проката. Пункты проката рационально разместить при вузах, вычислительных центрах, научно-технических библиотеках и т. д. Пункты проката ПЭВМ необходимо связать с региональными центрами, которые на правах издательства заказывают, редактируют и тиражируют программы. Эти центры должны работать по заявкам предприятий и учреждений на договорной основе, подобно тому, как это делается в настоящее время центрами переводов, патентных услуг и т. д. Программисты выполняют заявки на программы, пользуясь системой проката ПЭВМ по договору с региональными центрами-издательствами.

Подобная или близкая к ней технология выработки массового программного продукта будет существенно стимулировать объемы внедрения и переход ко второму этапу внедрения — рыночному потреблению. Развитая сеть проката позволит поддерживать программным обеспечением указанные выше области.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Иоффе А. Ф. Персональные информационно-образовательные и вычислительные устройства «Агат». Состояние и перспективы развития. — В кн.: Диалог-82-микро: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. Пушкино; ВЦ АН СССР, 1982, с. 12—14.

2. Звенигородский Г. А., Глаголева Н. Г., Земцов П. А., Налимов Е. В., Цикоза В. А. Программная система «Школьника» и ее реализация на персональных ЭВМ. — Наст. вып., с. 50.

Статья поступила 7 декабря 1983 г.

УДК 681.3.06

**В. В. Липаев, Ф. А. Каганов****АДАПТИРУЕМЫЕ КРОСС-СИСТЕМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММ  
НА БАЗЕ БОЛЬШИХ  
УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЭВМ И микроЭВМ**

Семейство адаптируемых кросс-систем, объединенных на основе унифицированных языков проектирования, сочетает достоинства универсальных и микроЭВМ. Благодаря этому достигается рациональное использование ресурсов при проектировании комплексов программ различной сложности для широкого класса машин; снижается трудоемкость и стоимость комплексов программ; обеспечивается свободный доступ к машине; увеличивается число одновременно работающих разработчиков; увеличивается надежность хранения данных проектирования; эффективно решается задача многолетнего сопровождения кросс-систем.

Успехи, достигнутые в области разработки микропроцессорных комплектов БИС, ускорили развитие и расширили возможности применения специализированных микроЭВМ в качестве встроенных компонент систем управления и обработки данных в режиме реального времени. Сравнительная несложность проблемной ориентации обуславливает появление сотен различных типов таких микроЭВМ. Поэтому при разработке систем автоматизации проектирования программ специализированных микроЭВМ экономически неоправданно идти по традиционному пути создания собственных средств автоматизации для каждого типа машин. Наиболее целесообразно использовать кросс-системы, ориентированные на класс микроЭВМ, в пределах которого их параметры (архитектура, система команд, форматы команд и данных и т. д.) изменяются в широком диапазоне.

Возможность перераспределения ресурсов определенного класса микроЭВМ позволяет реализовать комплексы программ различной сложности. Для последующего анализа выделим три группы сложности программ [1]:

— простые, объемом около  $10^3$  команд, состоящие из 1—3 модулей, в разработке которых участвует несколько специалистов;

— средней сложности, насчитывающие примерно  $10^4$  команд, содержащие до 100 мо-

дулей и создаваемые группой до десяти разработчиков;

— сложные, включающие в среднем  $10^5$  команд, имеющие до 1000 модулей и разрабатываемые коллективом в несколько десятков человек.

Для разработки программ различной степени сложности целесообразно применять технологические ЭВМ, отличающиеся по объему памяти, производительности и другим параметрам, например, большие универсальные ЭВМ (БЭСМ-6, старшие модели ЕС ЭВМ), малые универсальные ЭВМ (СМ-3, СМ-4) и микроЭВМ типа СМ-1800 и ДВК НЦ-80—20 [2, 3]. Таким образом, возникает крупная научно-техническая проблема создания семейства адаптируемых технологических кросс-систем для проектирования комплексов программ специализированных микроЭВМ на базе универсальных и микроЭВМ.

Каждая кросс-система семейства должна быть ориентирована на создание программ определенной группы сложности, определяемой ресурсами используемой технологической ЭВМ и допускать адаптацию к архитектуре и системе команд специализированной микроЭВМ.

**Аппаратная база кросс-системы  
автоматизации проектирования программ**

Рассмотрим особенности больших универсальных ЭВМ и микроЭВМ с позиции их использования в качестве технологических для автоматизации проектирования программ различных микроЭВМ.

Большие универсальные машины типа БЭСМ-6 и старших моделей ЕС ЭВМ имеют высокое быстродействие, располагают большим объемом оперативной и внешней памяти и дисплейными терминальными станциями (до 15 дисплеев). На этих ЭВМ можно размещать сложные кросс-системы типа ЯУЗА-6Д, ТЕМП, РУЗА [4—6] объемом порядка 200—400 тыс. команд, автоматизирующие почти весь технологический процесс проектирования сложных комплексов программ объемом до 1 млн. команд. Большой объем внешней памяти обеспечивает накопление и хранение информации о создаваемых комплексах программ и возможность вести проектирование нескольких комплексов одновре-

менно. Терминальные станции дают возможность вести практически «безбумажное» проектирование, т. е. визуализировать на дисплеях необходимую информацию и резко сократить использование перфокарт и распечаток. Большие ресурсы памяти и производительности обеспечивают высокую автоматизацию технологического процесса, отладку и комплексирование больших групп программ.

Однако централизация проектирования комплексов программ на базе больших универсальных ЭВМ имеет существенные недостатки, обусловленные прежде всего ограничениями на доступ пользователей к внешней памяти в мультипрограммном режиме и малой надежностью хранения больших массивов данных на внешних накопителях. При одновременной работе за терминалами нескольких разработчиков программ непрерывно идут обращения к базе данных проектирования и программ, автоматизирующим технологический процесс. Время выполнения отдельных заданий пользователями на трансляцию программных модулей, их комплексирование и отладку (с учетом обмена с дисками) достигает нескольких минут, что приводит к образованию очередей заданий, увеличению периода ожидания до нескольких десятков минут и непроизводительному использованию процессорного времени (оно в этих случаях составляет лишь 10% от календарного).

Задержки возникают не только из-за увеличения времени ожидания результатов, но и случайного искажения программ и данных, которыми пользуются одни и те же разработчики. При ошибках в заданиях и программах, аппаратных сбоях ЭВМ происходят эпизодические искажения программ и данных, которые не сразу обнаруживаются, особенно если этими данными пользуется преимущественно другой разработчик. Типовые средства защиты от несанкционированного доступа не позволяют гарантировать полную защиту данных от перекрестного вмешательства пользователей. Необходимость в дублировании и восстановлении искаженных программ и данных по копиям, отказы и простои ЭВМ заметно снижают производительность труда программистов.

*МикроЭВМ*, обладающие быстроедействием 200—500 тыс. операций/с, оперативной памятью емкостью порядка 64 Кбайт и укомплектованные накопителями на гибких магнитных дисках емкостью 0,5...1 Мбайт [2, 3], позволяют значительно расширить и модифицировать аппаратную базу автоматизации проектирования программ. Индивидуальная вычислительная мощность микроЭВМ достаточна для решения сложных задач в режиме, исключая взаимное влияние пользова-

телей. Однако относительно небольшие ресурсы оперативной и внешней памяти микроЭВМ при работе в автономном режиме не позволяют использовать их для проектирования комплексов программ выше второй группы сложности ( $10^4$  команд).

Перечисленные особенности больших универсальных и микроЭВМ при их применении для проектирования комплексов программ обуславливают целесообразность объединения их в единый комплекс. Сопряжение группы микроЭВМ с большой универсальной ЭВМ и распределение между ними функций автоматизации проектирования позволяет значительно повысить общесистемную надежность, улучшить эксплуатационные характеристики комплекса, увеличить вычислительные ресурсы (доступные объемы оперативной и внешней памяти), снизить интенсивность обмена с внешней памятью в универсальной ЭВМ, а значит повысить эффективность использования процессоров и сократить время отклика на задания пользователей.

#### **Адаптируемые кросс-системы**

В зависимости от выполняемых функций и возможностей использования технических средств можно выделить три типа адаптируемых кросс-систем.

*Кросс-системы на базе больших универсальных ЭВМ*, например, ЯУЗА-6Д, СЕРП, АСПРОМ [4, 7, 8], обеспечивают автоматизацию проектирования комплексов программ высокой сложности на языках ассемблера, макроязыках и алгоритмических языках, осуществляют формализованный структурный контроль, планируемое тестирование программных модулей, автоматизацию комплексирования сотен модулей в группы программ и контроль модульных связей. Информация о комплексе программ накапливается, хранится и корректируется в специальной структурированной базе данных проектирования, объем которой может составлять десятки мегабайт. Пользователь имеет доступ к системе автоматизации в пакетном и диалоговом режимах одновременно с нескольких терминалов. Разработка комплекса программ сопровождается автоматизированным выпуском эксплуатационной и технологической документации и различных видов машинных носителей программ (перфолент, перфокарт, магнитных лент и дисков). Кросс-системы имеют средства автоматизированной адаптации к архитектуре и системам команд широкого класса специализированных микроЭВМ. Объем программ кросс-систем достигает 2 Мбайт.

*Кросс-системы на базе микроЭВМ* ориентированы на проектирование простых и средней сложности комплексов программ объемом

до 10 Кбайт. Такие системы также располагают средствами автоматизированной адаптации, однако ограниченные ресурсы микроЭВМ позволяют иметь адаптируемые кросс-трансляторы только с ассемблера и макроязыка и средства тестирования модулей и небольших групп программ только в режиме моделирования. Выпуск документации ограничен минимумом эксплуатационных документов на программы. Для передачи готовых программ используется электрическое сопряжение между технологической и специализированной микроЭВМ [9]. В целом объемы программ кросс-системы и базы данных проектирования комплекса программ равны приблизительно 200 Кбайт каждый.

*Кросс-системы на базе больших универсальных ЭВМ и микро-ЭВМ* сочетают достоинства рассмотренных систем и позволяют создавать комплексы программ различной сложности. В них наиболее простые функции обработки небольших программных компонент возлагаются на средства микроЭВМ, а сложные функции проектирования больших комплексов программ переносятся на универсальную ЭВМ. Между ЭВМ обеспечивается постоянный обмен данными. Различают следующие режимы взаимодействия комплексированных ЭВМ.

Режим 1 — автономная разработка модулей и небольших групп программ с полным циклом автоматизации программирования и отладки на микроЭВМ и автоматизированная адаптация кросс-системы, выпуск некоторых видов документов и машинных носителей на универсальной ЭВМ.

Режим 2 — полное функциональное комплексирование микроЭВМ и универсальной ЭВМ, при котором последняя используется для комплексирования и контроля сопряжения программных модулей и групп программ, их комплексной отладки, выпуска всех документов и машинных носителей, а с помощью микроЭВМ обрабатываются модули и небольшие группы программ, полная база данных проектирования которых размещается на универсальной ЭВМ.

Режим 3 — все функции адаптируемой кросс-системы реализуются на универсальной ЭВМ, а вычислительные возможности микроЭВМ используются только для реализации вспомогательных функций, связанных с обменом данными, отображением информации и редактированием текстов. Этот режим считается вспомогательным при использовании режима 2 в качестве основного.

Режимы 1—3 приведены в порядке убывания объема функций, выполняемых на микроЭВМ. В режиме наиболее полного комплексирования универсальной и микроЭВМ

(режим 2) больше половины обращений пользователей к средствам автоматизации проектирования приходится на микроЭВМ, в результате чего значительно возрастает эффективность использования средств автоматизации технологии проектирования программ.

Приведенный комплексный подход к применению микроЭВМ при создании адаптируемых кросс-систем базируется на унификации языков проектирования комплексов программ, состава и форм выходных документов и диагностических сообщений. Для обеспечения удобства пользователей необходимо унифицировать:

— язык описания микроЭВМ и процесс адаптации кросс-систем к архитектуре и системе команд;

— язык управления заданиями и диалогового взаимодействия со средствами автоматизации;

— структуру, лексику и синтаксис автокодов и макроязыков, а также правила их формирования для конкретных микроЭВМ;

— язык описания тестов и отладочных заданий.

Кроме того, целесообразно унифицировать структуру основных массивов базы данных проектирования программ, размещаемых в микроЭВМ и универсальной ЭВМ. Перечисленные требования реализуются в адаптируемой кросс-системе ПРА, базирующейся на микроЭВМ СМ-1800 и ДВК НЦ-80—20/2.

### **Функции кросс-системы ПРА и особенности ее реализации**

Адаптируемая кросс-система ПРА предназначена для автоматизации проектирования комплексов программ различной сложности в автономном режиме и в режиме комплексирования с универсальными ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ. Система аппаратно и программно совместима с кросс-системами ЯУЗА-6Д, ТЕМП и РУЗА, благодаря унификации языков проектирования программ, структуры и основных массивов базы данных проектирования, организации двустороннего обмена данными между микро- и универсальными ЭВМ.

Программные средства системы ПРА обеспечивают трансляцию и отладку модулей и небольших групп программ для специализированных микроЭВМ с различной архитектурой и системами команд (см. рисунок). В соответствии с концепциями систем ЯУЗА-6Д, ТЕМП и РУЗА языки проектирования в системе ПРА построены на русской лексической базе. Описания глобальных переменных подготавливаются и транслируются независимо от программных модулей. В сис-

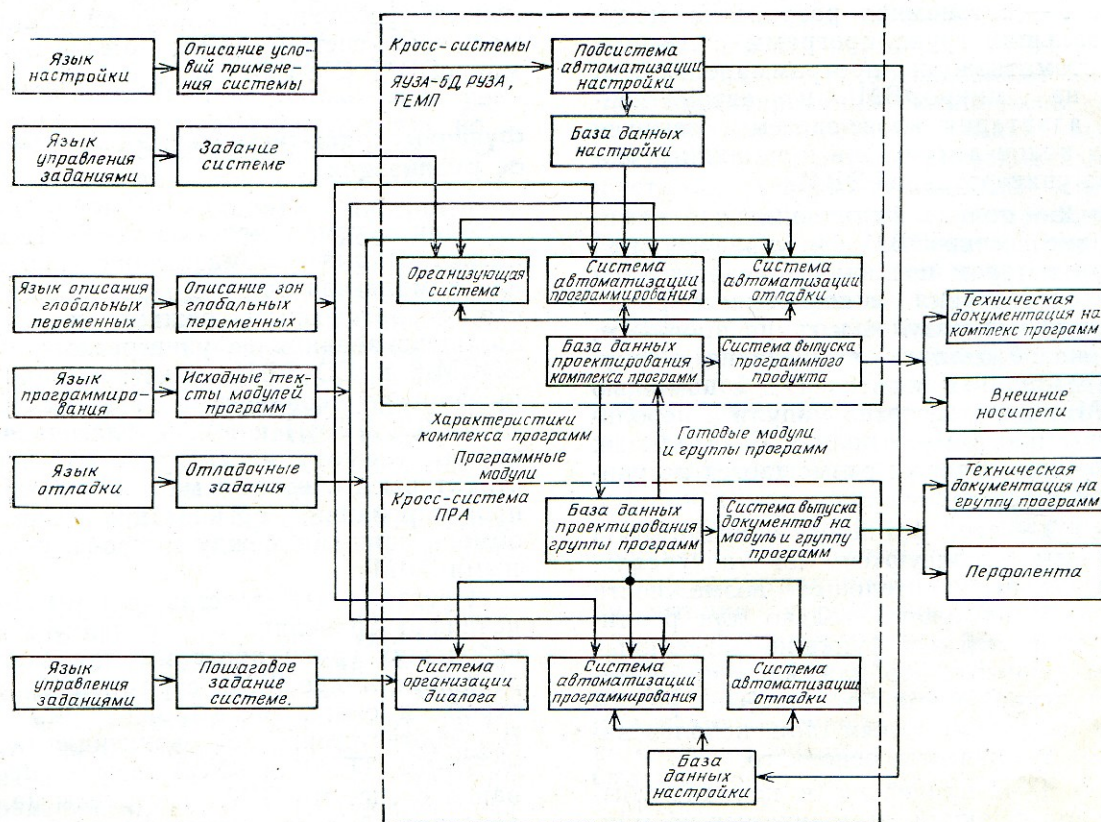
теме ПРА обеспечивается трансляция программ с ассемблера и макроязыка. Реализовать адаптируемый транслятор с языка высокого уровня на существующих микроЭВМ трудно из-за ограниченных ресурсов памяти и производительности. С учетом этих определяющих факторов в состав подсистем в кросс-систему ПРА включены:

- монитор, обеспечивающий управление подсистемами и диалог с пользователями;
- подсистема управления базой данных проектирования и редактирования текстов программ и описаний данных;
- адаптируемый транслятор с ассемблера с макрогенератором, загрузчиком и редактором связи;
- подсистема детерминированного тестирования с интерпретатором;
- подсистема вывода данных на печать;
- подсистема двустороннего обмена данными с большой универсальной ЭВМ.

База данных проектирования имеет архив символьной информации исходных текстов программ и описаний переменных, библиотеку паспортов, библиотеку объектных и загрузочных модулей. Вся совокупность дан-

ных по создаваемому программному модулю может передаваться из микроЭВМ в универсальную и обратно на любой стадии разработки. Для адаптации подсистем трансляции и отладки к различным типам архитектуры и системам команд микроЭВМ используется подсистема автоматизации настройки кросс-системы ЯУЗА-6Д, позволяющая по формализованному описанию микроЭВМ и автокода автоматизированно подготавливать машинно-зависимые информационные модули для настройки компонент системы ПРА на соответствующие микроЭВМ. Реализация заданий пользователя в монопольном режиме позволяет хранить в библиотеках только исходные и результирующие данные. Промежуточные данные для отображения на экране дисплея могут выдаваться «на проходе» в процессе исполнения задания, а также при повторных запусках заданий в старт-стопном режиме.

В качестве языка проектирования системы ПРА выбран макроязык кросс-системы ТЕМП. Средства системы ТЕМП настроены на системы команд микроЭВМ СМ-1800 [2] и ДВК НЦ-80-20/2 [3]. Перевод исходных текстов на макроязыке в тексты ассемблера



Программные средства кросс-систем ЯУЗА-6Д, РУЗА, ТЕМП, ПРА

СМ-1800 и ассемблера ДВК НЦ-80-20/2 производится автоматически генератором текстов системы ТЕМП. Программы системы ПРА отлаживались на ЭВМ БЭСМ-6 в системе команд микроЭВМ СМ-1800.

Семейство адаптируемых кросс-систем позволяет повысить уровень автоматизации технологического процесса проектирования комплексов программ для различных классов специализированных микроЭВМ. Применение кросс-систем на базе больших универсальных ЭВМ и микроЭВМ дает возможность эффективно использовать их вычислительные ресурсы и заметно увеличить эффективность работы в диалоговом режиме на нескольких терминалах, замыкающихся на универсальную ЭВМ. Благодаря размещению баз данных на внешних носителях не только больших универсальных ЭВМ, но и микроЭВМ, существенно повышается надежность хранения данных и устойчивость процесса проектирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Липаев В. В. Качество программного обеспечения. М.: Финансы и статистика, 1983 — 264 с.
2. МикроЭВМ СМ-1800. М.: Институт электронных управляющих машин, 1981. — 29 с.
3. Глухман В. Л., Хохлов М. М., Лозовой И. О. Архитектура и программное обеспечение ди-

алоговых вычислительных комплексов «Электроника НЦ 80-20». — Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции «Диалог-82-микро». — Пушкино, НЦБИ АН СССР, 1982, с. 17—23.

4. Методы и средства автоматизированного проектирования математического обеспечения систем управления в системе автоматизации программирования и отладки ЯУЗА-6Д/Липаев В. В., Серебровский Л. А., Каганов Ф. А. и др. — В кн.: Автоматизация проектирования систем управления. М.: Финансы и статистика, 1981, вып. 3, с. 18—28.

5. Липаев В. В., Каганов Ф. А. Система автоматизации технологии разработки комплексов управляющих программ для микропроцессоров и микроЭВМ (ТЕМП). — УСиМ, 1980, № 1, с. 32—36.

6. Липаев В. В., Штрик А. А. Основные концепции кросс-системы автоматизации программирования и отладки сложных комплексов программ на базе ЕС ЭВМ. — В кн.: Технология создания программных средств АСУ. Секция II. — Тез. докл. — Калинин, Центрпрограммсистем, 1980, с. 248—252.

7. Рауд Р. К. СЕРП — система разработки программ управления микроЭВМ класса СМ-1800. — В кн.: Программное обеспечение АСУ. Секция III. — Тез. докл. — Калинин, Центрпрограммсистем, 1980, с. 130—133.

8. Забара С. С., Мильнер А. Д. Автоматизированная система микропрограммирования АСПРОМ. — УСиМ, 1977, № 6, с. 36—41.

9. Забара С. С., Мильнер А. Д. Проблемно-ориентированный комплекс автоматизированных рабочих мест для программирования микропроцессорных устройств. — Киев: Знание, 1981. — 29 с.

Статья поступила 4 декабря 1983 г.

#### РЖ ВИНТИ

**5Б3. Результаты и перспективы применения вычислительной техники.** Ergebnisse und Perspektiven der Rechentechnik. Rakowski Michail Jewgenjewitsch. «Rechentechn./Datenverarb.», 1982, 19, N 11, 5—9 (нем.).

Социалистические страны уже в течение 12 лет сотрудничают в области разработки и производства средств ВТ. Предполагается, что за 15 лет выпуск этих средств возрастет в 3,5 раза, а взаимные поставки — в 5 раз. Стоимость ЭВМ, отнесенная к производству 1 млн операций/с, уменьшилась за 10 лет в 20 раз. Ожидается, что в следующие 10 лет стоимость средств ВТ уменьшится в среднем в 5 раз. Необходимо увеличить эффективность использования парка ЭВМ.

Исходя из потребностей народного хозяйства, можно оценить рост объема обрабатываемой информации в социалистических странах на следующие 20 лет. При ежегодном росте на 12% объем информации возрастет в 10 раз, на 15% — в 15 раз. Большое значение придается разработке многофункциональных

терминалов, состоящих из стандартных модулей, выпускаемых в социалистических странах. (Межправительственная комиссия по сотрудничеству социалистических стран в области ВТ).

**5Б142. Операционная система СР/М.** СР/М ein Betriebssystem für Jedermann. Teil. I. Klein «Mc», 1983, N 1, 42—45 (нем.). Roll-Dieter.

Приводятся операционная система СР/М, разработанная фирмой Digital Res и получившая широкое распространение среди пользователей микроЭВМ, а также история разработки этой системы и мотивы, которые привели к ее созданию.

Описываются назначение и функции основных частей системы СР/М. Излагаются сведения о составе аппаратуры вычислительного комплекса, достаточном для эффективного использования системы СР/М, принцип управления выводом и вводом информации, а также ограничения, связанные с используемым алфавитом и скоростью передачи информации. Рассматриваются процедуры работы с внешними устройствами, особенности работы с дискетами и принцип оптимального размещения данных на информационных секторах дискеты.

**8Б307. Программирование на языке FORTH для микроЭВМ.** Mikrorechnerprogrammierung in der Dialogsprache «FORTH». Vack G.-U. «27. Int. Wiss. Kolloq., Ilmenau, 25—29. Okt., 1982. Heft 3. Vortragsr. A2». Ilmenau, s. a., 35—40 (нем.).

Применение языка FORTH предполагает наличие системы, включающей в себя интерпретатор, ассемблер, редактор текста и драйверы внешних устройств. Эти компоненты составляют виртуальную машину и могут быть перенесены с одной ЭВМ на другую. Сравнительно небольшие размеры памяти, требуемые компонентами, и компактный код, генерируемый при интерпретации стандартных конструкций и интерпретации новых (пользовательских) элементов, позволяют использовать язык FORTH для микроЭВМ.

Приводимые статистические данные показывают, что язык реализован и поставляется с 10% всех микроЭВМ, выпускаемых в мире. Приведены пример и протокол отладки в режиме диалога программы, вычисляющей квадратичную функцию от одного аргумента.

УДК 681.3-181.48:007.52

## МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА В РОБОТОТЕХНИКЕ И ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ



*Игорь Михайлович МАКАРОВ,  
заместитель министра  
высшего и среднего специального  
образования СССР,  
член-корреспондент АН СССР*



*Виль Закирович РАХМАНКУЛОВ  
заведующий лабораторией  
Всесоюзного  
научно-исследовательского  
института системных  
исследований ГКНТ и АН СССР*

Ключевым моментом для успешного решения задач создания и внедрения робототехники и гибкой технологии явилось появление микропроцессоров и микроЭВМ. Микропроцессорные средства обеспечивают не только гибкость технологического оборудования, но и экономическую целесообразность массового его применения в отраслях народного хозяйства.

Июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС и постановление партии и правительства об ускорении научно-технического прогресса определили задачи по развитию работ в области прогрессивных технологий и автоматизированных производств, основанных на широком использовании современных ЭВМ, роботов и других средств автоматизации производства.

В настоящее время существует необходимость в коренном пересмотре организационно-экономических и технологических характеристик производственной деятельности в направлении создания более динамических и сверхинтенсивных форм производства. Это вызвано потребностями ускорения темпов экономического развития и достигнутыми возможностями научно-технического прогресса.

Главная особенность состоит в том, что впервые в истории проблему интенсификации решают принципиально новым методом — за счет исключения исчерпавшего себя по интенсивности физического труда человека и применения практически неограниченного для интенсификации гораздо более гибкого интеллектуального труда человека, использующего широкие возможности современных ЭВМ.

Начальным этапом в проведении крупных мероприятий по совершенствованию технической и технологической базы в промышленности, а также использовании новых методов организации производства становится создание промышленной робототехники и гибких автоматизированных производственных систем, в которых микропроцессорные управляюще-вычислительные средства занимают в



функциональном отношении одно из центральных мест.

Конкретные меры по увеличению производства и использованию промышленных роботов в отраслях народного хозяйства сформулированы в постановлении ЦК КПСС от 31 июля 1980 г.

Указанные меры реализуются в соответствии с общесоюзной Комплексной программой научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ в области промышленной робототехники [1].

Следует отметить, что ключевым моментом для успешного решения задач создания и внедрения робототехники и гибкой технологии явилось появление микропроцессоров и микроЭВМ. Эти микропроцессорные средства обеспечивают не только гибкость технологического оборудования, но и экономическую целесообразность массового его применения в отраслях народного хозяйства.

### **Состояние и перспективы микропроцессорного управления роботами**

В последние годы у нас в стране и за рубежом широкое признание получила робототехника и, в частности, промышленная робототехника. С помощью промышленных роботов (ПР) можно эффективно и достаточно универсально автоматизировать наиболее трудоемкие, вредные или опасные для здоровья людей формы ручного труда.

Техническая база развития промышленных роботов заложена еще в X пятилетке. Тогда были созданы более ста моделей роботов, а около 7 тыс. внедрены в производство (главным образом в машиностроительных отраслях промышленности, т. е. там, где уже был богатый опыт создания традиционных средств автоматизации и механизации труда).

В СССР роботы используются в целом ряде достаточно хорошо освоенных производств: для установки заготовок и съема изделий, точечной сварки, загрузки кузнечных и штамповочных прессов, нанесения покрытий химическими красителями, контроля элементов конструкций ядерных реакторов и для исследований шельфа морей и океанов.

В XI пятилетке резко расширяется применение промышленных роботов. Усилия ученых, конструкторов и производственников направляются на использование этой техники наряду с машиностроительными также и в машиностроительных отраслях народного хозяйства (горнодобывающей, металлургической, сельском хозяйстве, строительстве, легкой и пищевой промышленности, на транспорте). Предстоит внедрить свыше 40 тыс. промышленных роботов [1].

Увеличение количества роботов сопровождается расширением их функциональных возможностей главным образом за счет применения более совершенных систем и методов управления. Именно методы управления являются основой для классификации роботов по трем поколениям: роботы с программным, адаптивным и интеллектуальным управлением.

**Управление роботами I поколения.** Большая часть эксплуатируемых в настоящее время роботов принадлежит к поколению программно-управляемых и при серийном изготовлении характеризуется сравнительно невысокой стоимостью. Хорошо освоено производство простых роботов с цикловым и позиционным программным управлением, а также более сложных машин с контурным управлением. Отечественная промышленность разрабатывает и серийно выпускает технические средства для реализации каждого вида управления. Это следующие устройства управления: УЦМ (циклового), УПМ (позиционного), УКМ (контурного), УПКМ (позиционно-контурного). Главное преимущество роботов с программным управлением в том, что они перекрывают значительный диапазон технологических применений при достаточно простом конструктивном исполнении, но наиболее эффективны в условиях монотонно-циклических операций при сравнительно редких переналадках на новый вид работ. Поэтому с развитием последующих поколений ПР потребность в простых программных роботах не уменьшается, и они успешно совершенствуются.

Вместе с тем ПР с программным управлением не всегда удовлетворяют требованиям новых задач из-за необходимости в строгой упорядоченности и организованности технологической среды, в которой работает робот. Эти дополнительные требования усложняют технологический процесс и удорожают в целом разработку, создание и эксплуатацию роботизированного производства.

**Управление роботами II и III поколений.** Развивая систему программного управления роботом, удается преодолеть ограниченность роботов I поколения. Поэтому сейчас интенсивно разрабатываются более совершенные роботы, снабженные средствами осязания, адаптации и технически воспроизводящие отдельные интеллектуальные функции, присущие человеку.

Задача построения адаптивного управления роботом обычно включает три важных раздела: создание сенсорных устройств, обработка информации с сенсорных датчиков и синтез адаптивных законов управления. Отечественная промышленность выпускает са-

мые разнообразные сенсорные датчики, из которых наиболее популярными в робототехнике становятся тактильные, сило-моментные, устройства технического зрения и, кроме того, более перспективные датчики, основанные на новых принципах и открытиях в области полупроводников, лазерной и ультразвуковой техники. В настоящее время предусмотрено освоение в производстве средств осязания ПР: несколько типов систем технического зрения, ближней локации, сило-моментного осязания, датчики внутренней информации о состоянии механических систем робота [2].

Полезность сенсорных элементов в полной мере проявляется только после обработки и представления в определенном виде информации с датчиков. Среди методов и технических средств обработки сенсорной информации очень важное место занимают методы распознавания образов — это общее название для процессов обработки информации, связанных чаще всего с определением геометрических форм, места расположения и ориентации в пространстве объектов. Получаемые от датчиков данные в виде токов, напряжений, чисел и т. п. обрабатываются методами распознавания, в результате чего из этих данных формируется информационный образ или информационная картина объектов внешней среды. Характерно, что методология распознавания образов все более тонко специализируется по мере расширения ее применений в робототехнике (наиболее быстро — при создании робототехнических средств визуализации и систем речевого анализа и синтеза).

Опыт разработки адаптивных алгоритмов управления был накоплен задолго до появления роботов. Поэтому в робототехнике можно применять апробированные и наиболее современные методы синтеза адаптивного управления. Уже сегодня работы по созданию адаптивных робототехнических систем (РТС) имеют вполне зрелые и качественные результаты. Особенно быстрый прогресс наблюдается при роботизации сверхпрецизионных микросборочных технологических процессов, свойственных точному приборостроению и электронной промышленности. Требуемая в таких процессах точность манипулирования на уровне единиц и десятков микрон принципиально не достижима без адаптивного управления и средств осязания с высокими разрешающими свойствами. Перспективны здесь системы технического зрения, использующие в качестве чувствительных элементов видиконы или ПЗС-матрицы (приборы с зарядовой связью).

Адаптивное управление — прочная основа для робототехники новых поколений с высоко

организованным интеллектуальным управлением, которое уже сейчас разрабатывается исследователями для перспективных робототехнических систем. При этом значительна роль технической имитации и моделирования биологических механизмов регуляции и управления. Реализация интеллектуального управления ПР и РТС несомненно ускорится благодаря микропроцессорным средствам управляющей и вычислительной техники.

**Внедрение микропроцессорных средств в робототехнику.** Главным стратегическим направлением в развитии систем управления робототехники — переход к микропроцессорным средствам вычислительной техники: микропроцессорам и микроЭВМ. По существу, наступило время полного вытеснения традиционных немикропроцессорных систем управления роботами.

Микропроцессорная техника, обладая высокой гибкостью и универсальностью, может успешно решать следующие наиболее распространенные классы задач робототехники:

*Цифровое управление исполнительными механизмами.* В таких задачах требуется высокое быстродействие, низкая стоимость, специальная организация архитектуры в виде магистральных шин и стековой адресации памяти. Вместе с тем разрядность микропроцессора в пределах 4—8 обычно достаточна для обработки информации; ограничение на число выводов БИС сказывается мало, что позволяет применять однокристалльные микропроцессоры.

*Хранение и считывание информационных данных для программного управления.* В этих задачах микропроцессоры используются в качестве программируемых запоминающих устройств, поэтому требования к вычислительным возможностям минимальны. Обычно высокие требования к надежности работы, особенно, при перерывах напряжения источника питания. Кроме того, необходимы специальные средства для быстрой отладки и коррекции программ. Основой комплекта системы управления являются микросхемы ЗУ.

*Предварительная обработка больших массивов данных в системах осязания роботов.* Эти задачи, как правило, требуют широкого применения параллельной обработки и мультипрограммных режимов, значительной емкости памяти, организации прямого доступа к памяти. Вычислительные процедуры чаще всего стандартизованы, а поэтому состав команд может быть ограниченным. Возможна реализация задач на модульных микропроцессорных наборах.

*Алгоритмические или математические задачи.* В этих задачах главными ограничениями являются недостаточные производитель-

ность и быстродействие микропроцессоров, поэтому приходится прибегать к специальным аппаратным и программным решениям. Предпочтительные средства решения — микроЭВМ со спецпроцессорами и функциональными расширителями.

*Управление сложными РТС в режимах реального времени.* Эти задачи наиболее трудны для решения из-за включения в состав РТС различных роботов, нескольких типов технологического оборудования, разнородной вычислительной техники, а также в связи с необходимостью предельно быстро обрабатывать информацию при формировании управляющих воздействий. Для успешного решения подобных задач обычно нужен синтез системы управления на основе мультипроцессорных способов обработки информации. Сочетание многофункциональности с условиями режима реального времени требует высокого быстродействия вычислительных средств ( $\geq 500$  тыс. простых операций/с), большой разрядности в передаче данных (32 разряда), емкости адресуемой памяти более чем 512 кбайт, организации параллельных режимов работы, развитых систем прерываний и синхронизации, контроля и диагностики, наличия мощных трансляторов, и специальных архитектурных построений. Предпочтительные средства решения — многомашинные и мультипроцессорные управляющие вычислительные комплексы и локальные управляющие сети на базе современных микро и мини-ЭВМ.

Следует особо отметить, что, несмотря на все большее применение универсальных микропроцессорных вычислительных машин при создании систем управления РТС, пути использования микропроцессоров в робототехнике часто не совпадают с направлениями их применения в вычислительных системах широкого назначения. Это вынуждает более дифференцированно рассматривать вопросы организации логики и вычислений, построения архитектуры микропроцессорных систем управления роботами и выбора технических средств и математического обеспечения РТС.

### **Гибкие автоматизированные производства и микропроцессорная техника**

В конце 1960-х годов прогресс вычислительной техники и средств автоматизации технологических процессов достиг такого уровня, что в промышленно развитых странах был поставлен вопрос о крупномасштабной автоматизации на основе ЭВМ.

Однако в то время нельзя было точно ответить, где именно проявится наибольший эф-

фект — от внедрения новых технических средств — в самой технологии или в областях, связанных с организацией технологии (исследование, проектирование, конструирование, организационное управление).

Поэтому в 1970-х годах достаточно автономно стали развиваться главным образом две сферы: автоматизация обработки информации — автоматизированные системы управления (АСУ), системы автоматизированного проектирования (САПР); автоматизация технологии производства — технологическое оборудование с управлением от ЭВМ, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), промышленные роботы.

*Полученный опыт показал, что автоматизация обработки информации в отрыве от автоматизации технологии не приводит к желаемым результатам.* По этой причине в 1980-х годах был взят курс на интеграцию указанных сфер автоматизации, а в настоящее время синтезируются такие разрозненно развивающиеся направления, как САПР, СЧПУ (автоматизация технологического оборудования с использованием числового программного управления), АСУ ТП (автоматизация производства и технологических процессов с помощью ЭВМ), ПР (автоматизация ручного труда средствами промышленной робототехники). Объединение ведется в рамках направления, получившего название гибкие автоматизированные производства (ГАП). Создание таких производств связано с коренной перестройкой управления производственной технологией на основе значительно более комплексной, чем до сих пор автоматизации производства с крупномасштабным применением средств вычислительной техники и роботизированных средств автоматизации, включая автоматизированное технологическое оборудование, автоматизированные транспортные системы, автоматизированное складское хозяйство. Первоначальный мировой опыт разработки и внедрения гибких автоматизированных производств наглядно продемонстрировал жизнеспособность концепции ГАП как высокоинтенсивной и вместе с тем трудосберегающей формы производства.

Отечественный опыт разработок гибких производств также подтверждает их высокую эффективность. Таких примеров в нашей стране уже немало. Например, на Днепропетровском электровозостроительном заводе создан гибкоперестраиваемый цех механообработки многономенклатурной продукции (400 наименований изделий), достигнуто увеличение производительности в 3,3 раза при сокращении численности работающих на 30% и уменьшении производственных площадей на

40% [3]. Смоленский НИИТехноприбор создал несколько роботизированных систем для предприятий своей отрасли [4]. Они позволяют, например, автоматизировать производство терморегуляторов для всех типов изготавливаемых в СССР бытовых холодильников, а также сборку измерительных приборов широкой номенклатуры с числом модификаций, превышающим 1000 наименований. Аналогичные примеры есть и в других отраслях промышленности.

Практика разработок выявила разные подходы к решению задачи создания ГАП. Одни разработчики шли простым близким к традиционному путем автоматизации, а другие более широко и смело внедряли наиболее современные прогрессивные технические решения.

Весьма характерно, что *относительная стоимость ГАП снижается при использовании системных решений нетрадиционного характера.*

Например, английская фирма «Ingersol Engineers» провела в 1981 г. анализ свыше 50 опытных гибких производств в Японии, США и Западной Европе [5]. По данным этой фирмы даже первые далеко не самые совершенные ГАП увеличивают в среднем интенсивность использования оборудования на 30%, уменьшают его простои на 40%, снижают стоимость единицы продукции на 10%, уменьшают потребность в персонале на 30%, обеспечивают поточное изготовление единичных партий изделий, поступающих в случайном порядке при номенклатуре до нескольких десятков единиц. Причем эти цифры получены в условиях, когда новое гибкое производство соседствует с обычным производством и обеспечивает от 3 до 10% в общей мощности выпуска продукции данным предприятием. Стоимость созданных ГАП в станкостроении, автомобильной промышленности, сельскохозяйственном машиностроении, космической индустрии, пищевом машиностроении составила от 2 до 15 млн. долл. на каждую систему. Следует отметить, что срок окупаемости был 2—3 года.

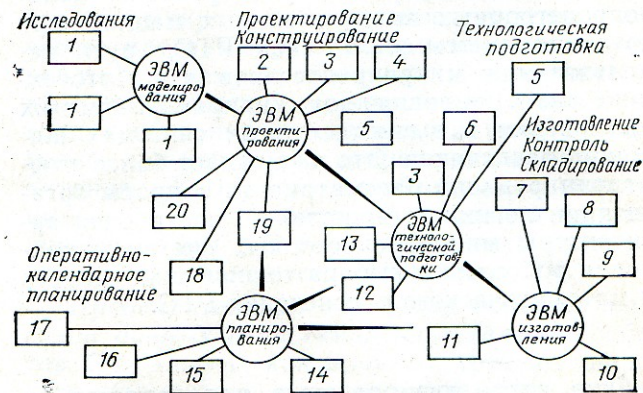
Самыми недорогими оказались ГАП, созданные в Японии фирмами «Toshiba», «Hitachi Seiki», «Toioda Machinery», «Fanuc». Из пяти лет, в среднем затраченных на создание ГАП, эти фирмы дольше других (примерно 2 года) отвели на скрупулезный анализ автоматизируемого производства и детальное планирование хода разработки систем. И именно в ГАП этих фирм наиболее полно было представлено управление всех систем от ЭВМ и другие особенности, свойственные ГАП [5].

*Общая структура гибкой автоматизиро-*

*ванной производственной системы* (см. рисунок) состоит из ряда основных подсистем: исследования и комплексного моделирования; проектирования и конструирования; планирования; технологической подготовки производства; изготовления, складирования, сборки и контроля продукции.

Главная особенность структуры — системное комплексное использование ЭВМ для автоматизации не только технологических процессов изготовления, контроля, складирования продукции, но и этапов исследования, проектирования, конструирования, планирования, технологической подготовки производства. Следует отметить, что вопросы исследований, моделирования приобретают в ГАП принципиально новое значение. Если в традиционном производстве исследованием и моделированием занимались отдельные организации или подразделения в отрыве от самого производства, то в ГАП комплексное моделирование становится органической частью производственного процесса, поскольку гибкость перестроения системы управления ГАП требует ее постоянного анализа и развития даже в процессе эксплуатации.

*Подсистема исследований* осуществляет системный анализ всей производственной деятельности и ее отдельных звеньев, производит математическое, имитационное, полунатурное и натурное моделирование и макетирование систем и техпроцессов, вырабатывает рекомендации по техническому и программному обеспечению гибкости перестроения ГАП.



Структура гибкой автоматизированной производственной системы

1 — модели, 2 — структурный анализ, 3 — генерация программ ЧПУ, 4 — изготовление макета, 5 — чертежи и документы, 6 — генерация данных контроля, 7 — оборудование с ЧПУ, 8 — склады-автоматы, 9 — автоматический транспорт, 10 — роботы, 11 — контроль и диагностика, 12 — проект оснастки, 13 — проект оборудования и маршрутов, 14 — выбор оборудования и маршрутов, 15 — оперативная коррекция, 16 — загрузка оборудования, 17 — запуск производства, 18 — проект конструкции, 19 — уточнение характеристик изделия, 20 — проект узлов и деталей

*Подсистема проектирования* уточняет характеристики изделия по грубым моделям, осуществляет структурный анализ элементов изделия, разрабатывает программы ЧПУ для изготовления макетных образцов, проектирует детали и узлы конструкции, выпускает все необходимые чертежи и документацию.

*Подсистема планирования* обеспечивает оптимальный запуск, загрузку и регулирование хода производства с учетом динамики распределения ресурсов системы.

*Подсистема технологической подготовки производства* разрабатывает необходимое техническое оборудование (штампы, пресс-формы, специальный инструмент) и оснастку, выпускает чертежи и документацию на оборудование и оснастку, готовит программы ЧПУ для изготовления оснастки, генерирует исходные данные для контроля и измерений в процессе производства.

*Подсистема изготовления, складирования, сборки и контроля продукции* управляет оборудованием с ЧПУ по изготовлению оснастки, деталей и узлов изделий; управляет автоматическим складированием деталей и узлов; управляет транспортной сетью, технологическими, сборочными и транспортными роботами; осуществляет контроль и диагностику продукции, технологического оборудования; обеспечивает надежность функционирования производственной системы в целом.

Во всех подсистемах возможно использование микропроцессорной техники. Однако это должно быть связано с организацией структуры системы в виде локальной многоуровневой управляющей сети. Нижним и достаточно автономным уровнем является подсистема изготовления, складирования, сборки и контроля продукции. Для нижнего уровня характерны, во-первых, автоматическое управление технологическим оборудованием без участия людей и, во-вторых, групповая организация управления в условиях взаимодействия большого числа единиц разнородной техники. Значительные преимущества здесь могут быть получены в результате встраивания микропроцессорных средств в управляемое оборудование. Именно поэтому в ближайшей перспективе ожидается быстрое развитие микроконтроллерной техники, которая по возможностям приближается к существующим сейчас микроЭВМ.

Остальные подсистемы ГАП более высоких уровней сочетают микроЭВМ с малыми и более высокопроизводительными ЭВМ, что связано с особенностями решаемых на этих уровнях задач.

Таким образом, для построения ГАП необходима весьма разнородная по классам управляющая и вычислительная техника, что

выдвигает на первый план не только проблему надежности, но и ряд других, в частности, проблему совместимости.

**Совместимость аппаратных и программных средств.** К настоящему времени создан достаточно разнообразный набор микропроцессорных вычислительных средств, используемых для построения систем управления. Попытки их унификации наталкиваются на большие затруднения по многим причинам. Так, развитие технологии производства микропроцессоров ведет к расширению номенклатуры изготавливаемых устройств. Однако созданный задел программных средств для микроЭВМ часто не позволяет без потерь переключить существующее производство микропроцессорной техники на другие ее типы, так как накопление программного обеспечения дается ценой многолетнего труда разработчиков.

В условиях такого разнообразия микропроцессорной техники серьезной проблемой становится совместимость аппаратных и программных средств.

В нашей стране и за рубежом имеется несколько различающихся направлений или идеологий построения мини- и микроЭВМ. Главные отличия определяются выбором микроэлементной базы, а также архитектуры ЭВМ и выражаются в электрических, информационных и конструктивных несоответствиях микропроцессорных устройств (по уровням напряжения источников питания, форматам и составу команд, способам обмена данными, конструктивам плат и интерфейса).

В СССР широкое развитие получили два направления создания микропроцессоров и микроЭВМ: семейство моделей «Электроника» (типичные представители — микроЭВМ «Электроника-60» и ряд машин «Электроника НЦ») и семейство моделей на базе 8-разрядного микропроцессорного комплекта КР580 (типичные представители — микроЭВМ СМ-1800 [6], системы МС УВТ В7 [7], КТС-ЛИУС-2 [8]) с переходом в дальнейшем на 16-разрядные однокристалльные микропроцессоры.

Характерно, что внутри указанных направлений обеспечена достаточно полная совместимость аппаратуры и программного обеспечения, однако между моделями разных направлений совместимость отсутствует. Это создает трудности для разработчиков микропроцессорных систем управления, поскольку и микроЭВМ семейства «Электроника», и микроЭВМ на базе набора КР580 широко распространены в промышленных разработках и часто возникает необходимость в их совместном использовании, например, в локальных сетях управления, при групповых методах управления роботами или технологическим обо-

рудованием с числовым программным управлением.

Совместимость программных средств — комплексное понятие, рассматриваемое на уровнях операционных систем, языков программирования, протоколов обмена информацией. В самом общем виде совместимость операционных систем означает возможность для разных ЭВМ обмениваться управляющими воздействиями. Совместимость языков программирования предполагает взаимнообмен прикладными программами. Совместимость протоколов — возможность одновременной работы большого числа соединенных между собой ЭВМ и внешних устройств.

Наиболее трудная задача — достижение совместимости на уровне операционных систем, так как они самым тесным образом привязаны к архитектуре и даже конфигурации конкретной вычислительной системы. Поэтому операционные системы совместимы в пределах семейства ЭВМ одного направления, например, в различных операционных системах реального масштаба времени по-разному осуществляется обработка прерываний, диспетчеризация и синхронизация задач, обмен данными, управление внешними устройствами, динамическое распределение памяти, редактирование, отладка и трансляция программ.

Итак, при создании гибких автоматизированных производств необходимо особое внимание уделять проблеме совместимости используемых микропроцессорных средств.

Современные средства микроэлектронной вычислительной техники и промышленной робототехники стимулировали поворот к новому этапу в развитии комплексной автоматизации производства и привели к созданию роботизированных электронно-управляемых гибких автоматизированных производств, резко интенсифицирующих промышленное производство при одновременном более рациональном использовании производственного потенциала в отраслях экономики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров И. М. Комплексные программы по робототехнике в свете решений XXVI съезда КПСС. — В кн.: Тез. докл. 2-го Всесоюз. совещ. по робототехническим проблемам. — Минск: БелНИТИ Госплана БССР, 1981, ч. 1 (Промышленные роботы), с. 3—5.
2. Управление робототехническими системами и их очувствление /Под ред. И. М. Макарова, Д. Е. Охотимского и Е. П. Попова. — М.: Наука, 1983. — 240 с.
3. Белянин П. Н. Ключ к эффективности — гибкость и автоматизация. — Наука и жизнь, 1983, № 8, с. 2—11.
4. Шкабардия М. С. Роботостроение. Новая отрасль промышленности. — Наука и жизнь, 1983, № 10, с. 2—6.

5. The Ingersoll Engineers, England, IFS (publications) Ltd. and Ingersoll Engineers, 1982.

6. МикроЭВМ СМ-1800. — М.: ИНЭУМ, 1983.

7. Средства автоматизации управления электротехническими системами и изделиями /Под ред. чл.-кор. АН СССР Н. Н. Шереметьевского. М.: ВНИИЭМ, 1980. — 134 с. (Тр. ВНИИЭМ, т. 62).

8. Отраслевой каталог. — М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1981, т. 4, № 10, вып. 4. — 32 с.

Статья поступила 15 декабря 1983 г.

УДК 681.325.5

**Б. Ф. Курьянов, Д. А. Тилинин, Л. Л. Утяков**

## **АВТОНОМНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ ОКЕАНА**

Современные микропроцессоры позволяют создать полностью автономные многоканальные системы обработки информации, способные работать на любой глубине Мирового океана.

Большинство исследований, связанных с решением проблем изучения и освоения мирового океана, требуют сбора данных с обширных акваторий в течение длительного промежутка времени, что практически невозможно без широкого использования полностью автоматизированных аппаратных комплексов. В океанологии уже применяется обширный арсенал разнообразных автономных систем: буйковые заякоренные станции с распределенными по глубине измерительно-регистрирующими устройствами, свободноплавающие поверхностные и притопленные буи, донные станции, буи нейтральной плавучести и т. п. В основном эти средства рассчитаны на регистрацию небольших потоков информации, например, при измерении температуры, скорости и направления потока, изменяющихся во времени сравнительно медленно. Вместе с тем имеются средства, которые требуют большой скорости обработки информации, — дистанционные средства, использующие акустические методы. Их особое значение связано с тем, что упругие волны — звуковые и сейсмические — являются единственным видом волн в морской среде, способных распространяться без заметного затухания на сотни, а иногда и тысячи километров. Для проведения измерений этими методами необходимо большое число датчиков. Так, для реализации одного из наиболее фанта-

тических проектов современной фундаментальной науки — обнаружение частиц сверхвысоких энергий, мюонов и нейтрино, по возбуждаемому ими акустическому полю в океане (так называемый проект «ДЮМАНД»), необходима совместная автоматическая обработка данных, поступающих с десятков тысяч оптических или акустических датчиков, распределенных в морской толще в объеме кубических километров.

Постановка и решение таких задач, немалые десятилетия назад, реальны в настоящее время в связи с развитием и успехами полупроводниковой технологии и микроэлектроники. Внедрение этой техники позволяет удовлетворить высокие требования, предъявляемые к средствам автоматизации морских исследований, которые, кстати, не менее жесткие, чем требования, предъявляемые к космической аппаратуре: малые габариты и веса, низкое энергопотребление, высокая скорость обработки и надежность. Более того, океанская аппаратура должна быть рассчитана на перепад внешних давлений до сотен атмосфер, в то время как космическая — всего лишь на перепад в одну атмосферу.

В данной статье мы не ставили целью рассмотрение многочисленных аспектов использования микроэлектроники в океанологическом приборостроении, проведение классификации систем и поиска оптимальных решений. Здесь будет описано решение конкретной задачи — построение автономного вычислительного комплекса, предназначенного для исследования собственных акустических шумов океана.

Изучение собственных акустических шумов океана является важным средством дистанционного определения характеристик океанской среды. На низких частотах шумовое поле формируется источниками на большой акватории, и свойства этого поля в закодированном виде содержат информацию об окружающей среде: о динамических явлениях в пограничном слое океан—атмосфера, о источнике шумов, о характеристиках водной среды и ее границ, определяющих условия распространения. Конечная цель изучения шумов — расшифровка сложного способа, каким океан кодирует шумовое поле, решение обратных задач — определение параметров океана по характеристикам шумов и создание на этой основе методов дистанционной диагностики океана.

Идеальным средством измерения океанских шумов являются автономные донные станции, которые могут быть поставлены в любом районе океана и позволяют избавиться от гидродинамических помех, возникающих при измерениях с дрейфующего судна. Одна-

ко регистрация шумов в течение длительного времени связана с рядом технических трудностей — необходимостью регистрации сигналов с большим динамическим диапазоном, отсутствием накопителей с достаточной емкостью. Дело облегчается тем, что для решения задач по акустической диагностике океана достаточно не полная регистрация шумов, а только их некоторых усредненных характеристик, которые определяются медленно изменяющимися океанскими условиями. Шум океана может рассматриваться как стационарный случайный процесс, полностью определяемый его спектром мощности. Проведение предварительного спектрального анализа и усреднения для повышения состоятельности оценки спектра позволяет во много раз сократить объем информации, который необходимо записать на регистратор.

Типичный характерный период изменения усредненных параметров шумов составляет около 6 ч и определяется в основном изменчивостью погоды в акватории; поэтому автономная система обработки может действовать не непрерывно, а сеансами через несколько часов.

К сожалению, имеются дополнительные проблемы, автоматизированное решение которых не так просто. Дело в том, что кроме шумов, вызванных динамическими процессами в океане, возникают шумы, связанные с деятельностью человека, приводящие к «акустическому загрязнению» океанской среды. Многочисленные корабли, бороздящие океан, создают специфические шумы, в особенности на низких частотах. При прохождении судна вблизи от станции общий уровень шума может значительно повыситься; кроме сплошного спектра, наблюдаются также дискретные линии, связанные со звуками вращения винта и вибрации корпуса судна, превышающие уровень сплошного шума на десятки децибел. Обычно при анализе записей шумов океана участки с явными особенностями исключаются; эту операцию проводит опытный акустик.

Существуют и другие причины нарушения стационарности шума. Так, в некоторых районах океана наблюдаются импульсные звуки на низких частотах, создаваемые китами (так называемые 20-герцные сигналы), мощные сигналы землетрясений и искусственных источников звука при проведении сейсмических исследований. Предварительный анализ шума должен выявлять эти шумы и отделять их от естественных, связанных с динамикой океана. Для автоматического проведения операций система обработки должна быть достаточно интеллектуальной. Использование же спектроанализатора, аналогового или цифрового, или жестко запрограммированной микропро-

цессорной системы при этом не годится из-за ограничений на вес, габариты и энергопотребление. Таким образом, возникла необходимость создания вычислительного комплекса универсального типа.

Для решения рассмотренных выше проблем в Институте океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР разработан автономный измерительно-вычислительный комплекс (АИВК), предназначенный для работы в составе донных станций. При испытаниях АИВК использовались различные конструкции автономных донных станций (АДС), разработанных в ОКБ океанологической техники ИОАН и в СКБ САМИ АН СССР. На развороте цветной вкладки журнала показана АДС конструкции ИОАН на борту научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» и в момент опускания станции за борт. Эта станция состоит из трех сферических прочных контейнеров с электронной аппаратурой и блока плавучести из синтактика и предназначена для работы на глубинах до 6 км. Рядом показана однокорпусная станция СКБ САМИ в момент опускания ее за борт и в открытом виде.

АИВК был разработан в двух вариантах — сначала на базе серийной микроЭВМ «Электроника-60», а затем на базе одноплатной микроЭВМ «Электроника НЦ-80/01Д»,

что позволило втрое уменьшить энергопотребление.

На рис. 1 приведена структурная схема АИВК. МикроЭВМ «Электроника НЦ-80/01Д» содержит 16-разрядный процессор, ОЗУ емкостью 64 Кбайт, устройства параллельного и последовательного обмена, а также РеПЗУ с ультрафиолетовым стиранием информации, на котором записываются все программы обработки. Остальные узлы АИВК разработаны в Институте океанологии. Комплекс получает питание от блока аккумуляторов и ключевого стабилизатора-преобразователя с высоким КПД. Включается и выключается АИВК с помощью программно-временного устройства (ПВУ), управляющего работой всей аппаратуры станции по заранее выбранной программе. Электрические сигналы от гидрофонов после аналоговых усилителей поступают на четырехканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий сигналы в цифровую форму с частотой дискретизации, определяемой блоком управления и синхронизации. В проводимых экспериментах полоса сигналов составила 250 Гц, а частота выборки — 1 кГц. Блок управления и синхронизации формирует также сигналы прерывания для ввода-вывода и управляет цифровым накопителем на магнитной кассете, на который поступает информация от процессора после окончания серии усреднения.

Программа обработки шумов включает ввод сигналов с выхода АЦП в ОЗУ массивами по 1024 отсчета, вычисление периодограммы с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ), усреднение по нужному числу реализаций для получения статистически устойчивого спектра, логарифмирование усредненных спектров мощности для компактного представления информации, и вывод по прерыванию на кассетный накопитель. Для ускорения обработки данных вычисления производятся в формате 16-разрядных чисел с общим порядком в массиве (формат с «блочной-плавающей запятой»). С целью повышения быстродействия комплекса разработана плата умножителя 12-разрядных чисел на основе БИС серии К1802 (время умножения около 0,1 мкс); кратковременное импульсное питание умножителя способствовало понижению энергопотребления.

Для ввода данных от АЦП и вывода результатов обработки использовались аппаратные средства прерывания программы, что значительно сократило затраты времени на ввод-вывод. Быстродействие комплекса позволяет обрабатывать шумы в реальном масштабе времени при полосе до 150 Гц. Общее энергопотребление комплекса составляет около 25 Вт, причем основная мощность приходится

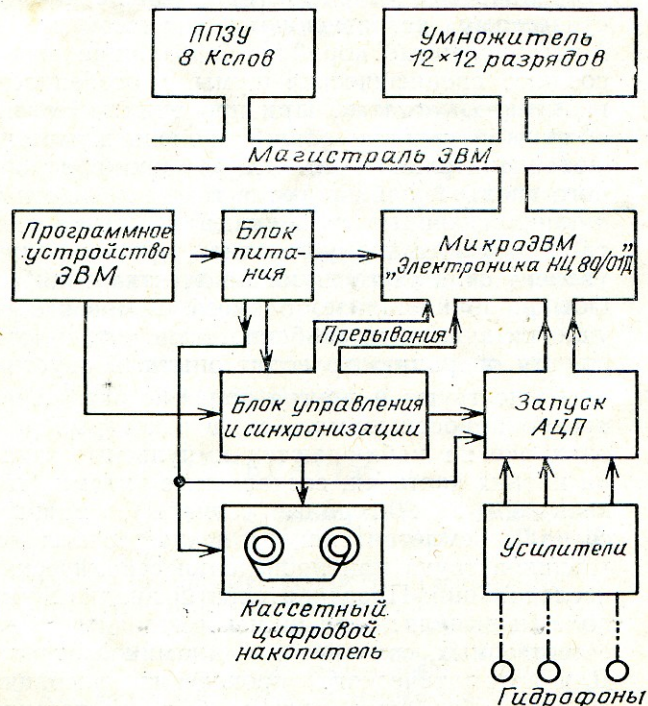


Рис. 1. Структурная схема автономного измерительно-вычислительного комплекса донной станции



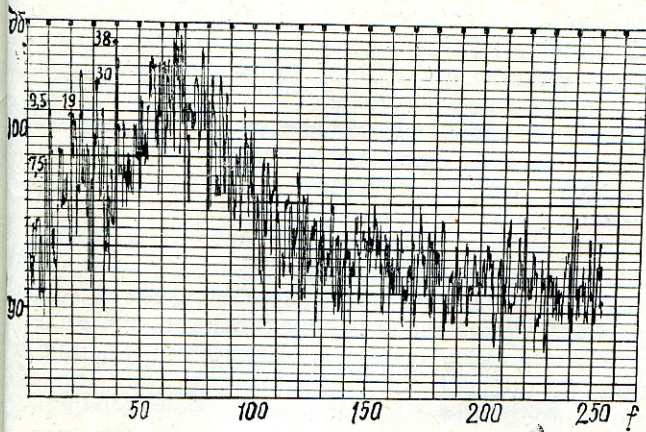


Рис. 2. График усредненного спектра шумов, принятых гидрофоном станции

на процессор. Положительная плавучесть донных станций дает возможность разместить аккумуляторы, обеспечивающие непрерывную работу АИВК в течение суток; в режиме периодического программного включения время общей работы АИВК зависит от скважности и может составлять многие сутки.

На развороте цветной вкладки журнала также показаны отдельные узлы вычислительного комплекса, позволяющие представить его общие габариты. На снимке видны: блок аккумуляторов, кассетный цифровой регистратор, плата быстродействующего умножителя, платы РПЗУ и процессора. Все платы (включая АЦП) размещены в стандартном каркасе 4-платной микроЭВМ «Электроника-60».

Пробные испытания АИВК в составе различных донных станций подтвердили эффективность и надежность разработанного комплекса. АИВК работал без сбоев в течение времени, определяемого запасами энергии аккумуляторов; производилось программное включение и выключение комплекса, вычисление спектра шумов и регистрация результатов. В качестве иллюстрации на рис. 2 приведен график усредненного спектра шумов, принятых гидрофоном станции, находившейся сравнительно недалеко от исследовательского судна; разрешение по частоте здесь составляло 0,5 Гц. Наряду со сплошным спектром хорошо видны дискретные линии 7,5 и 9,5 Гц и их гармоники, вызванные шумом механизмов исследовательского судна. В этом опыте использовалась простейшая программа обработки, которая не предусматривала исключение участка шумов за счет близких судов. Однако ясно, что универсальность структуры комплекса позволяет это сделать при соответствующем программировании.

В настоящее время главные усилия разработчиков направлены на дальнейшее повышение быстродействия комплекса и уменьшение его энергопотребления. Если учесть необходимость расширения полосы частот и увеличения числа приемных каналов, то быстродействие комплекса оказывается недостаточным. Поле океанских шумов характеризуется не только частотным, но и пространственным спектром, т. е. анизотропией, которая наиболее полно определяет свойства шумов и непосредственно связана с условиями генерации и распространения в океанской среде. Для получения направленности необходим прием шума с множества распределенных датчиков (акустическая антенна). Проведение многократной обработки данных потребует повышения быстродействия комплекса по крайней мере на один-два порядка.

Отечественная промышленность выпускает спецпроцессоры, например, «Электроника-МТ-70», которые пригодны для лабораторных систем обработки, но имеют недопустимо высокое для автономных систем энергопотребление.

Как показал наш опыт, в рамках структуры микроЭВМ «Электроника-60» даже использование сверхбыстродействующего умножителя не позволяет резко ускорить обработку. В определенной мере это связано с асинхронной структурой обмена по общей шине.

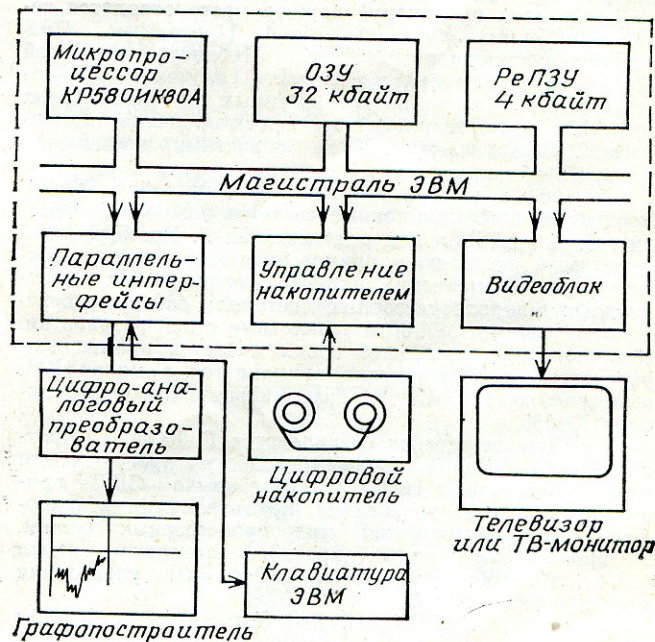


Рис. 3. Структурная схема одноплатной микроЭВМ, предназначенной для вывода результатов обработки с цифрового накопителя АИВК

Следующий вариант АИВК предполагает выполнить на базе микропроцессора типа КР1810ВР86 с развитой системой команд, высоким быстродействием, прямой адресацией памяти большой емкости и синхронной внешней шиной. Использование динамической памяти типа К565РУ5А и арифметического устройства на быстродействующих БИС серии КМ1802 с импульсным питанием дает возможность значительно увеличить быстродействие и уменьшить энергопотребление АИВК.

В качестве первого шага по выполнению этой программы была разработана микроЭВМ на базе микропроцессора той же серии КР580ИК80А. Она включает телевизионный монитор, кассетный магнитный накопитель, модуль ЦАП для сопряжения с графопостроителем, и предназначена для представления оператору и вывода результатов, полученных на АИВК донной станции.

Структурная схема микроЭВМ приведена

на рис. 3; в ее состав входят: ОЗУ емкостью 32 Кбайт, РПЗУ с ультрафиолетовым стиранием емкостью 4 Кбайт, блок сопряжения с кассетным накопителем, блоки параллельных интерфейсов и графического вывода на экран ТВ-монитора, алфавитно-цифровая клавиатура. Общая мощность комплекса не превышает 5 Вт.

Внешний вид комплекса представлен также на развороте цветной вкладки журнала. Опыт, полученный при разработке такой микроЭВМ, показывает перспективность применения микропроцессоров с синхронной внешней шиной, построения структуры программируемого временного устройства, дающей значительное сокращение энергопотребления, разработки цифровых систем, не требующих прочных контейнеров для защиты от высоких давлений в океанских глубинах.

Статья поступила 30 января 1984 г.

А. Ф. Барышев

## ГОТОВИТСЯ К ВЫПУСКУ ОЧЕРЕДНОЙ СБОРНИК

Международный научно-исследовательский институт проблем управления (МНИИПУ) и Международный центр научно-технической информации (МЦНТИ) организовали выпуск публикаций по актуальным проблемам развития и использования микропроцессорной техники.

Среди этих публикаций важное место отводится серии «Информационное обеспечение Программы СЭВ по микропроцессорной технике». Публикуемые в этой серии материалы будут знакомить специалистов с достижениями в области программных и технических средств, новыми технологиями проектирования микропроцессорных систем, а также областями применения средств этой техники.

На 1984 г. намечено издание восьми работ серии. Это сборник «Операционные системы реального времени для микроЭВМ» под редакцией И. Р. Крамфуса, посвященный развитию и применению операционных систем реального времени, широко используемых в прикладных микропроцессорных системах; описана операционная система МХ/80 и совместные с ней разработки. Эта система в настоящее время является промышленным стандартом и широко применяется в микроЭВМ, выпускаемых в СССР на базе микропроцессорного набора КР580.

В работе венгерских специалистов Г. Раца, Г. Хротко и Я. Шарбо «Технология разработки программ для микропроцессорных систем на базе языка СДЛ» приводятся основные требования, предъявляемые к технологии программирования микропроцессорных систем. В приложении даны краткое описание языка СДЛ-2 и пример разработки программы управления пассажирским лифтом.

В работе Ф. В. Широкова «Актуальные вопросы развития вычислительной техники (компьютеры 5-го поколения)» основное внимание уделяется японскому проекту компьютеров пятого поколения и его связи с исследованиями, проводимыми в США в данной области.

Венгерским специалистом Г. Хротко подготовлена работа «Языки программирования высокого уровня для микроЭВМ». В ней дается обзор языков Паскаль, Модула-2, АДА, СИ, ФОРТ и СДЛ-2, а также рассматриваются структурное программирование и верификация.

Помимо указанных работ в ближайшем будущем предполагается подготовить следующие публикации:

В. Н. Калачева — «Локальные сети микроЭВМ» о достижениях и перспективах развития этих сетей микроЭВМ;

сборник «Средства проектирования микропроцессорных систем» под редакцией Е. Е. Дудникова, с описанием классификации существующих автоматизированных средств проектирования микропроцессорных систем, их характеристик, сфер применения и перспективы развития;

Е. Е. Дудникова — «Персональные ВМ», в которой приводится классификация существующих типов персональных ВМ, даются их характеристики и перспектива развития этого класса вычислительных устройств.

Намечено опубликовать Краткий терминологический словарь по микропроцессорной технике. В нем более 2000 терминов на десяти языках — английском, болгарском, венгерском, вьетнамском, испанском, немецком, польском, румынском, русском и чешском. Определения терминов приводятся на русском языке. Это первое издание подобного рода по данной проблематике в странах — членах СЭВ.

Кроме указанной серии публикаций, МНИИПУ и МЦНТИ периодически выпускают сборник «Применение микропроцессорной техники». В нем помещаются обзорные материалы по общим вопросам развития микропроцессорной техники, техническим аспектам внедрения микропроцессорных систем, опыту применения микропроцессоров и различных средств микроэлектроники в отдельных областях народного хозяйства. На страницах сборника обсуждаются также социально-экономические проблемы широкого внедрения микропроцессоров и вопросы подготовки соответствующих специалистов.

Указанные издания позволяют расширить пропаганду знаний по современным проблемам развития и использования микропроцессорной техники, особенно в тех областях, которые еще недостаточно освещены в литературе, доступной широким кругам пользователей.

УДК 681.325.54

Ю. И. Торгов

## ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ТАЙМЕР КР580ВИ53 И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Программируемый таймер — одна из наиболее универсальных больших интегральных схем (БИС) микропроцессорного комплекта серии КР580 — расширяет возможности любой микроЭВМ в решении прикладных задач и применим для создания видеоконтроллера, позволяющего использовать телевизор в качестве дисплея; системы оптимального регулирования режима автомобильного двигателя, а также различных преобразователей параметр — код и код — параметр.

Программируемый таймер можно использовать в следующих стандартных режимах работы: счетчик событий; программируемый ждущий мультивибратор; делитель частоты; генератор меандра, программно- и аппаратно-запускаемого строга. Число независимых счетчиков таймера — 3, разрядность каждого — 16, режимы счета — двоичный и двоично-десятичный.

Хотя БИС таймера спроектирована для подключения к шине микропроцессорного комплекта серии КР580, она с минимальным количеством добавочных компонентов может быть состыкована с другими стандартными шинами (например, каналом микроЭВМ «Электроника-60», шинами любого семейства микроЭВМ).

Ниже будет показано, что, используя БИС КР580ВИ53, можно значительно расширить возможности любой микроЭВМ в решении многих типов прикладных задач.

### Функциональное устройство микросхемы

БИС КР580ВИ53 содержит три одинаковых таймерных канала. В каждом есть регистр управления, 16-разрядный программируемый счетчик обратного счета с цепями управления и двухбайтный буферный регистр, в который по специальной команде переписывается текущий код счетчика. Счетчик может быть запрограммирован для двоичного или двоично-десятичного счета. Соответственно меняется и диапазон счета (65535 для двоичного и 9999 для двоично-десятичного). После

инициализации, т. е. установления БИС в исходное состояние (подачей кодов на регистры), работой каждого счетчика управляют два внешних сигнала.

Первый сигнал — синхроимпульсы (Си) подается на вход, по отрицательному фронту Си код счетчика уменьшается на единицу.

Второй сигнал подается на вход управления счетчиком; если сигнал высокого уровня, счетчик будет работать, если низкого уровня — нет.

Выходной сигнал «Вых.» таймера генерируется при достижении терминального кода на счетчике в режиме счета (в большинстве режимов работы этот код равен 0). Содержимое старшего и младшего байтов счетчиков программно доступны процессору. Коды счетчика считываются в любой момент стандартными операциями чтения.

### Связь таймера с сигнальной шиной микроЭВМ

БИС КР580ВИ53 может быть связана (рис. 1) с сигнальной шиной любой микроЭВМ через 8-разрядный входной двунаправленный буфер данных, подключаемый к шине данных микроЭВМ; через три адресных входа ( $\overline{BK}$ , A0 и A1) — к шине адреса микроЭВМ (причем сигнал  $\overline{BK}$  (выбор кристалла) — через дешифратор старших разрядов системного адреса микроЭВМ); через сигналы  $\overline{Чт}$  (чтение) и  $\overline{Зп}$  (запись) — к шине управления микроЭВМ. В зависимости от подключения входов  $\overline{Чт}$  и  $\overline{Зп}$  таймера к сигналам MR, MW или к  $10\overline{R}$ ,  $10\overline{W}$  микроЭВМ, обращение к тай-

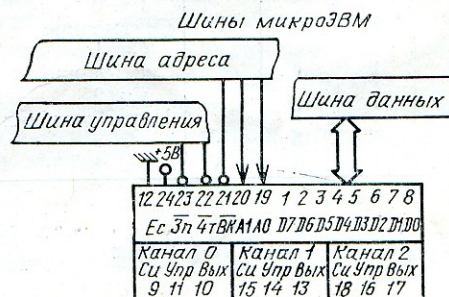


Рис. 1. Трехканальный таймер КР580ВИ53 (назначение выводов)

меру производится операциями работы с памятью (MOV) или , внешним устройством (INPUT/OUTP) (для микропроцессора КР580ИК80).

Возможна связь таймера с сигнальными шинами другого стандарта при соблюдении временных соотношений протокола обмена, установленных для комплекта БИС серии К580. Например, при стыковке таймера с каналом микроЭВМ «Электроника-60» в качестве сигнала ВК используется сигнал ВБ (выбор блока), сигналу «Чт» соответствует сигнал «Ввод», сигналу «Зп» — сигнал «Вывод», дизъюнкция сигналов «Чт» и «Зп» используется для формирования сигнала «СИП» (синхросигнала пассивного устройства).

### Адреса внутренних регистров

В составе микросхемы — 16 индивидуально адресуемых однобайтных регистров; с частью из них связь косвенная (с помощью разрядов адресации командного слова).

Прямая адресация обеспечивает доступ к общему для трех каналов регистру командного слова (только при операции записи) и к счетчикам.

Считывание регистра командного слова запрещено. Содержимое регистров счетчиков может быть считано или новый код может быть в них записан соответствующими операциями чтения и записи. В таблице приведены комбинации сигналов обращения к регистрам.

Таблица

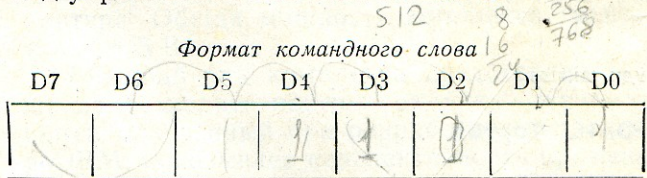
Сигналы доступа к регистрам

Сигналы					Характер обращения:
ВК	Чт	Зп	A1	A0	
0	1	0	0	0	Запись в Сч. 0
0	1	0	0	1	Запись в Сч. 1
0	1	0	1	0	Запись в Сч. 2
0	1	0	1	1	Запись командного слова
0	0	1	0	0	Считывание кода Сч. 0
0	0	1	0	1	Считывание кода Сч. 1
0	0	1	1	0	Считывание кода Сч. 2
0	0	1	1	1	Нет обращения
1	X	X	X	X	»
0	1	1	X	X	»

### Программирование режима работы БИС КР580ВИ53

Режимы работы каждого канала таймера программируются последовательной записью командных слов, индивидуальной для каждо-

го канала, в адрес общего для трех каналов командного регистра (A0=1, A1=1). Затем записывается нужный код пересчета в адрес счетчика иницируемого канала, после чего соответствующий канал БИС готов к работе под управлением внешних сигналов.



Старшие разряды D6 и D7 — разряды косвенной адресации к трем каналным регистрам управления, т. е. они определяют, в какой из регистров управления и какого канала будут записаны младшие 6 разрядов командного слова. Кодировка D7, D6 задает номер иницируемого канала:

D7	D6	№ канала
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	Код недействителен

Разряды D5 и D4 устанавливают режимы обращения к старшему и младшему байтам канального счетчика, которым соответствует лишь один системный адрес:

D5	D4	Режим обращения
0	0	Перепись текущего кода канального счетчика в буферный регистр канала
1	0	Обращение к старшему байту счетчика
0	1	Обращение к младшему байту счетчика
1	1	Последовательное обращение сначала к младшему, затем к старшему байтам счетчика

Существенно, что обращаться к адресам канальных счетчиков, как при начальном программировании, так и в процессе работы канала, можно в любой последовательности номеров каналов и моментов времени обращения. Однако, если канал запрограммирован на двойное обращение к счетчику (D5=1, D4=1), то однократное вызовет неправильную работу канала.

Если перед считыванием кода счетчика канала было записано командное слово, в котором D4=D5=0, то при считывании кода счетчика результат будет получен из буферного регистра. Это позволяет в процессе счета запоминать на внутреннем регистре мгновен-

ное значение кода, которое было в момент записи командного слова, что важно, например, при необходимости получить стабильные значения кода без остановки работы счетчика.

### Кодировка и описание режимов работы каналов таймера

Временные диаграммы работы таймера в режимах 0—5 даны на рис. 2.

Каждый канал таймера можно использовать в одном из 6 режимов. Номер режима работы канала определяется кодом разрядов D3, D2, D1 командного слова:

D3	D2	D1	№ режима канала
0	0	0	«0»
0	0	1	«1»
X	1	0	«2»
X	1	1	«3»
1	0	0	«4»
1	0	1	«5»

Разряд D0 командного слова определяет режим двоичного (D0=0) или двоично-десятичного (D0=1) счета.

Режим «0» — генерация задержанного сигнала прерывания. После инициализации уровень сигнала на выходе канала низкий. При разрешающем сигнале управления код счетчика уменьшается каждым отрицательным фронтом сигнала синхронизации (вход «Си»). По достижении кода 0 в счетчике уровень выходного сигнала становится и остается высоким до записи новой команды пересчета в счетчик или до новой инициализации канала. Если счетчик загружается во время счета, то

запись 1-го байта останавливает счет, а запись 2-го начинает новый счет. Когда режим «0» применяется для генерации сигналов прерывания, выходной сигнал таймера подается в систему прерывания микроЭВМ.

Режим «1» — программируемый одновибратор. После инициализации уровень выходного сигнала высокий. Отрицательный фронт синхросигнала, первый после положительного фронта сигнала управления, переводит выходной сигнал в низкий уровень. Уровень сигнала снова станет высоким по достижении счетчиком терминального кода 0. Таким образом, в режиме «1» канал таймера работает как одновибратор с программируемой длительностью выходного сигнала и возможностью многократного запуска. Если счетчик запущен положительным фронтом управляющего сигнала повторно до окончания текущего цикла, то выходной сигнал удлинится на полный цикл с момента повторного запуска. Загрузка счетчика, одновременная с процессом счета, не изменит длительности текущего выходного сигнала, но следующим запуском длительность цикла пересчета изменится.

Режимы «2» и «3» — делитель на  $N$  частоты сигналов, приходящих на вход «Си» ( $N$  — код пересчета, записанный на каналный счетчик). Подробные эти режимы рассмотрены в разделе «Преобразователь «код — частота»».

Режим «4» — программно-запускаемый задержанный строб. После инициализации канала в режиме «4» уровень выходного сигнала высокий. После записи кода в счетчик счет начинается при высоком уровне управляющего сигнала. При достижении кода 0 в счетчике на выходной шине появляется импульс низкого уровня длительностью в один период синхроимпульса.

Режим «5» — аппаратно-запускаемый задержанный строб. Режим «5» отличается от режима «4» только тем, что счетчик запускается каждым положительным фронтом сигнала управления. Как и в режиме «1», запуск иницирует полный новый цикл счета. Поэтому, если запуск повторяется до окончания текущего цикла счета, то выходной сигнал генерируется с установленной задержкой после повторного сигнала запуска. Переход к низкому уровню сигнала управления после запуска очередного цикла счета не влияет на работу счетчика.

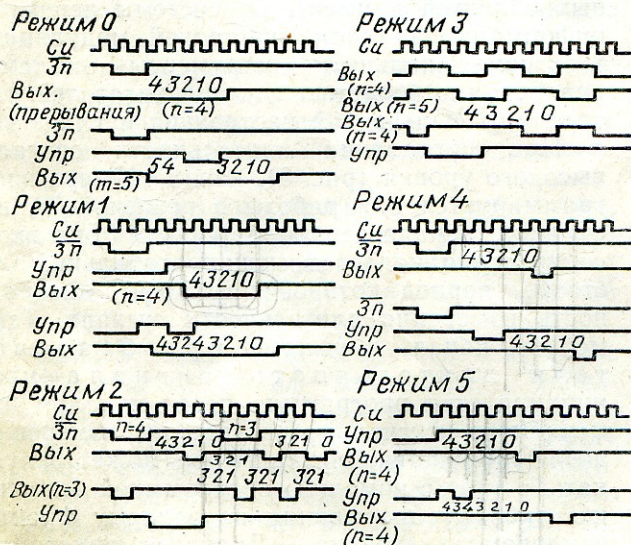


Рис. 2. Временные диаграммы режимов работы таймера

### Примеры применения БИС таймера в качестве устройств сопряжения с объектами

В практике применения микроЭВМ для решения прикладных задач управления реальными объектами, связь микроЭВМ с этими

объектами через преобразователи физической величины в числовой код и наоборот представляет определенные трудности. Использование программируемых таймеров позволяет относительно просто и дешево, с достаточной для многих случаев точностью решить проблему прямого и обратного преобразования. Наиболее просто получить преобразователи код—частота, частота—код, код—длительность сигнала, и длительность сигнала—код, причем функция преобразования—линейная.

Для преобразования код—частота канал таймера программируется в режиме «2», при котором на выходе канала появляются импульсы длительностью в один период частоты  $f_{\text{син}}$ , поданной на каналный вход синхросерии канала таймера. Период повторения равен  $NT_{\text{син}}$ , где  $N$ —код двоичного двухбайтного числа либо в двоичной, либо в двоично-десятичной системе (в зависимости от запрограммированного режима работы канала), загруженного в каналный счетчик;  $T_{\text{син}}$ —период синхросерии. Таким образом, коэффициент деления частоты может изменяться от 1 до 65536. Максимальный коэффициент деления получается при загрузке в счетчик кода 0.

Коэффициент деления частоты изменяется записью кода нового значения коэффициента деления в счетчики таймерного канала. Записать это значение можно во время работы канала, причем текущий период деления частоты, совпавший с записью, не изменится, а следующий определится очередным кодом.

Фаза выходного сигнала может быть синхронизирована и программно, и внешним сигналом.

Для программной синхронизации необходимо в регистр управления записать код, инициирующий работу канала в нужном режиме. После этого первый период пересчета начнется только по окончании записи кода пересчета. Отсюда, момент окончания программной записи кода пересчета является начальным моментом отсчета фазы выходного сигнала.

Для аппаратной синхронизации внешним сигналом следует подать его на управляющий вход канала. При низком уровне внешнего сигнала, уровень выходного сигнала остается высоким. Переход сигнала на управляющем входе к высокому уровню начинает пересчет с заданным периодом, таким образом, начало отсчета фазы—первый отрицательный фронт синхросерии, появившийся после установления высокого уровня на управляющем входе.

Если необходимо получить симметричный выходной сигнал с коэффициентом заполнения, близким 0,5, то вместо режима «2» в канале программируется режим «3». При этом

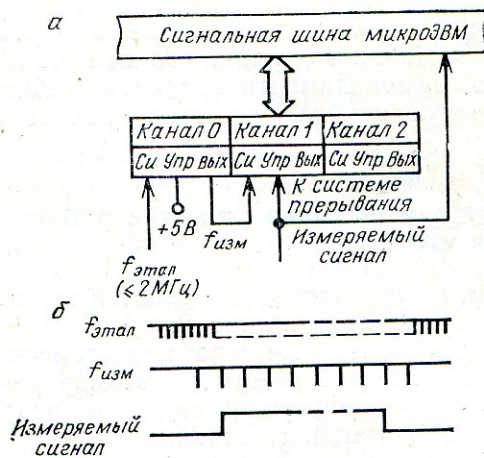


Рис. 3. Преобразователь длительного сигнала—код. Канал 0—в режиме «2» (делитель на  $N$ ), канал 1—в режиме «0» (счет импульсов)

для четных значений коэффициента деления  $N$  длительности положительной и отрицательной полуволн равны  $0,5 NT_{\text{син}}$ . Для нечетных значений  $N$  длительность положительной полуволны равна  $0,5(N+1)T_{\text{син}}$ , а отрицательной— $0,5(N-1)T_{\text{син}}$ . Для получения коэффициентов деления больше 65535, каналы можно каскадировать. Стабильность выходной частоты определяется стабильностью синхросерии.

Описанным выше способом при минимальных дополнительных компонентах (буферные формирователи, усилители, согласователи уровней и прочее) можно строить программируемые генераторы опорных частот с огромным диапазоном перестройки для различных областей применения: системы передачи информации методом частотной модуляции, электромusикальные инструменты, системы управления скоростью электродвигателей, гетеродины с цифровой настройкой и т. п.

При определении длительности сигнала высокого уровня (рис. 3), канал таймера программируется для работы в режиме «0», на счетчики канала записывается код 0, на вход синхросерии подается сигнал стабильной частоты, период которой определяет дискретность измерения длительности сигнала. Таймерный канал в режиме преобразователя длительность сигнала—код инициируется программно перед началом измеряемого сигнала. Программа измерения после инициализации таймеров может запускаться либо с помощью программной задержки, либо от прерывания по заднему фронту измеряемого сигнала. Диапазон измерения длительности  $1-65535 T_{\text{син}}$ , где  $T_{\text{син}}$ —период синхросигнала.

Для расширения диапазона в сторону увеличения в качестве синхросигнала можно применить выходной сигнал второго канала таймера, работающего в режиме делителя частоты. В этом случае можно измерять длительность сигналов в диапазоне 1 мкс—100 ч. При окончании измеряемого сигнала программа измерения считывает код счетчика измерительного канала и вычисляет значение  $65535 - N$ , которое и дает значение длительности сигнала в периодах синхросерии.

По сравнению с определением длительности сигнала программным методом циклического опроса уровня сигнала, подаваемого на вход порта, использование программируемых таймеров обеспечивает более высокую разрешающую способность (порядка 0,5 мкс), тогда как программный цикл опроса обычно занимает несколько микросекунд). Кроме того, резко снижается нагрузка процессора, особенно при измерениях длительных сигналов.

Преобразователь код—длительность сигнала. Широтно-импульсная модуляция часто применяется в технике для управления исполнительными устройствами. В качестве преобразователя код—длительность можно использовать таймерный канал в режиме «1». При этом длительность выходного сигнала таймера будет равна  $NT_{\text{син}}$ . После записи кода в регистре управления и кода пересчета в счетчики, выходной сигнал будет иметь высокий уровень. Запуск «одновибратора» и появление выходного сигнала низкого уровня происходит по положительному фронту сигнала на управляющем входе таймера, после чего уровень управляющего сигнала не влияет на выходной сигнал.

Однако следует учитывать, что одновибратор может быть повторно запущен как до, так и после окончания выходного сигнала положительным фронтом управляющего сигнала. В первом случае выходной сигнал удлинится и окончится через время  $NT_{\text{син}}$  после последнего положительного фронта управляющего сигнала.

Преобразователь частота—код, основанный на прямом счете периодов измеряемой частоты за определенный интервал времени, строится на двух каналах таймера (рис. 4).

Один из каналов используется в качестве преобразователя «код—длительность сигнала» и работает в режиме «1». Он генерирует импульс, длительностью равной интервалу времени анализа измеренного сигнала, который подается на управляющий вход второго канала, разрешая счет. Второй канал работает в режиме счета периодов этого сигнала. Очевидно, что при таком методе получаем значение усредненной частоты на интервале

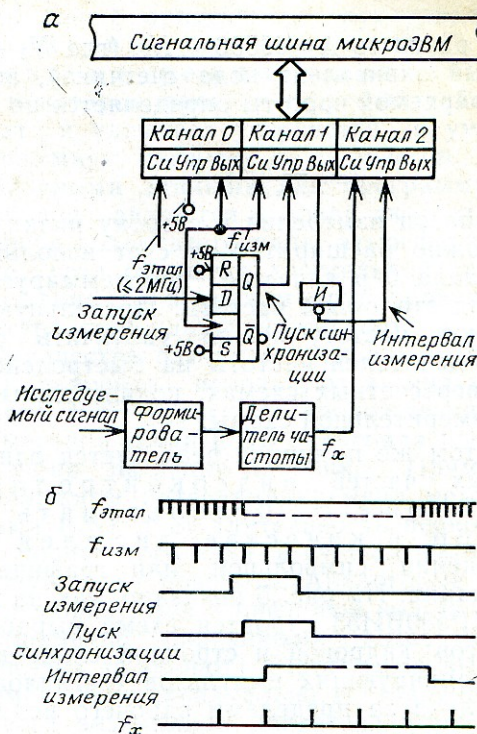


Рис. 4. Преобразователь частота—код. Канал 0—в режиме «2» (делитель на  $N$ , преобразование код—частота), канал 1—в режиме «1» (программируемый одновибратор, преобразование код—длительность сигнала), канал 2—в режиме «0» (счет импульсов)

времени измерения. Абсолютная погрешность измерения составляет единицу счета, что приводит к большим относительным погрешностям при сравнительно коротких интервалах измерения. Максимальная частота измеряемого сигнала определяется предельной рабочей частотой счетчика —  $f_{\text{макс}} \leq 2 \text{ МГц}$ .

Процесс измерения происходит следующим образом. Первый и второй каналы иницируются в соответствующие режимы работы. На счетчик первого канала подается код длительности интервала измерения  $N_1 = \tau_{\text{изм}} / T_{\text{этал}}$ , где  $\tau_{\text{изм}}$  — длительность интервала измерения, а  $T_{\text{этал}}$  — период эталонной частоты.

На счетчик второго канала подается исходный код 0. Генерируемый программно или от внешнего источника, сигнал «Запуск измерения» запускает первый канал. Сигнал измерения разрешает работу счетчика второго канала.

По окончании импульса измерения (определяется путем программного цикла задержки или с помощью вырабатываемого от заднего фронта импульса сигнала прерывания), считывается код счетчика канала и вычис-

ляется разность  $\Delta = 65536 - N_2$  (где  $N_2$  — десятичный эквивалент кода счетчика), значение измеряемой частоты определяется по формуле

$$f_{изм} = \Delta / N_1 T_{этал}$$

Диапазон измерения в сторону низких частот можно расширить за счет использования канала 0 в качестве программируемого делителя эталонной частоты. Предельную измеряемую частоту можно увеличить с помощью делителей частоты на быстродействующих пересчетных схемах, подключенных на вход измерительной схемы.

На том же принципе реализуется одна из основных частей видеоконтроллера, позволяющего использовать телевизор в качестве дисплея для отображения символической или графической информации. На рис. 5 показано, как на двух БИС КР580ВИ53 строится схема выработки импульсов кадровой и строчной синхронизации, бланкирующих импульсов (сигналов гашения луча за пределами рабочего поля эк-

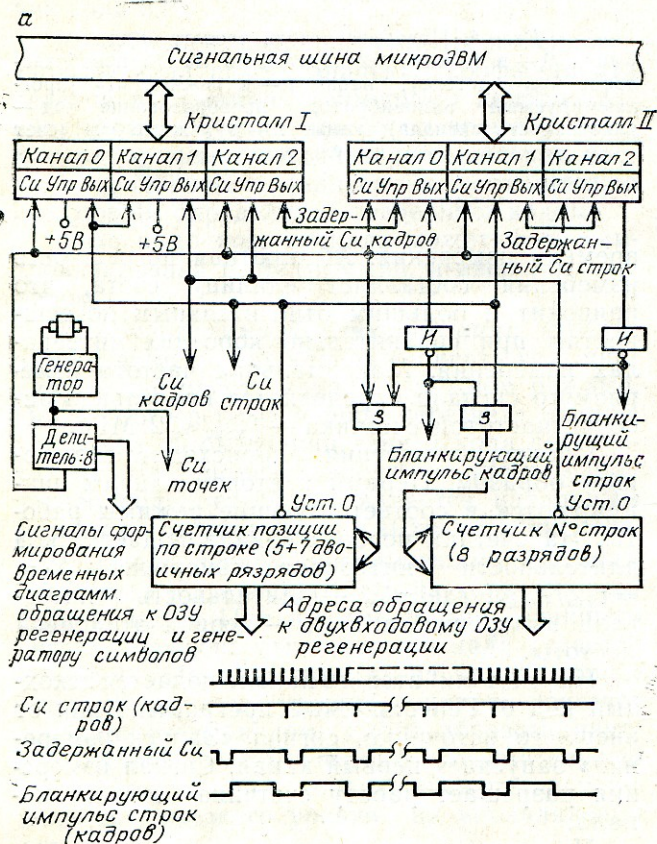


Рис. 5. Видеоконтроллер дисплея на базе телевизора. Каналы 1—0 и 1—1 в режиме 2 (преобразование код—частота), остальные каналы в режиме 1 (преобразование код—длительность сигнала)

рана) и сигналов управления счетчиками адресов ОЗУ регенерации.

Достоинство этой схемы, помимо простоты, — возможность программной подстройки частоты строк и кадров при качаниях частоты питающей сети (что обычно приводит к колебаниям изображения).

Преобразователи напряжение—код и сопротивление/емкость—код в отличие от прямых методов преобразования, описанных выше, требуют введения дополнительного аналогового преобразователя физической величины в длительность или частоту сигнала. Весьма удобен для этой цели аналоговый таймер КР1006ВИ1 [2, 3].

На рис. 6 показан трехканальный преобразователь аналог—код. Аналоговые таймеры переводят измеряемое напряжение в длительность выходного сигнала, которая преобразуется в код на одном из каналов цифрового таймера КР580ВИ53. Быстродействие указанных преобразователей из-за используемого метода прямого счета не очень высокое, зато независимость и дешевизна каждого из каналов, а также легкость мультиплексирования их цифрового выхода, позволяют иметь достаточно много параллельно работающих каналов. Так как при рабочей частоте  $f_{этал} = 2$  МГц 8-разрядное преобразование для всех каналов

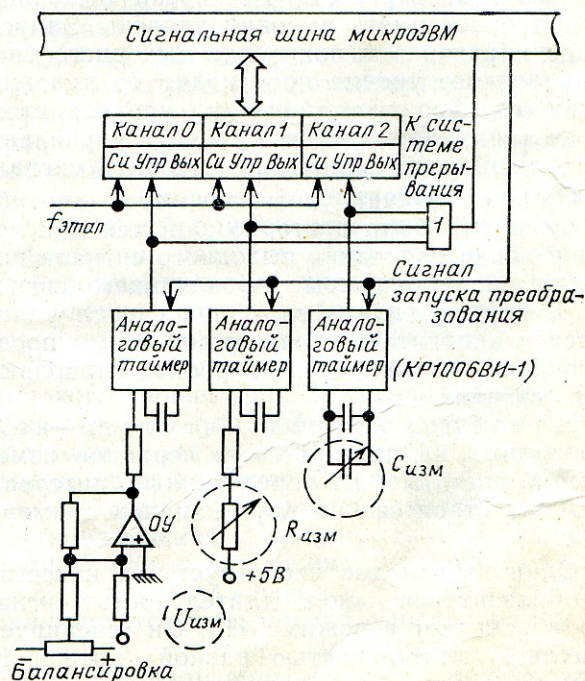


Рис. 6. Трехканальный преобразователь аналог—код. Каналы 0, 1, 2 — в режиме «0» (преобразователи длительность сигнала—код)



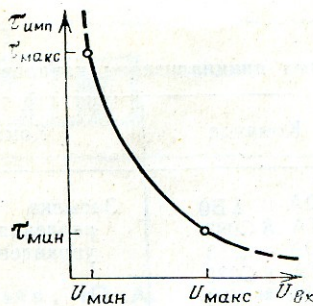


Рис. 7. Характер зависимости длительности импульса аналогового таймера в режиме одновибратора от преобразуемой величины ( $U, R, C$ )  
 $U_{макс} - U_{мин}$  — область допустимой нелинейности преобразования

На рис. 8 приведена структурная схема устройства оптимального регулирования режима автодвигателя, в котором программируемый таймер упростит и удешевит устройство и уменьшит программную нагрузку на процессор.

Входными данными для программы регулирования являются угловая скорость, фаза поворота коленчатого вала, атмосферное давление, угол открытия дроссельной заслонки, разрежение во впускном трубопроводе, температура охлаждающей жидкости и воздуха.

В качестве датчиков угловой скорости и фазы поворота используются индуктивные датчики ВМТ — сигнала прохождения верхней мертвой точки и ЗБ — сигнала прохождения зубца на венце маховика. Прямой счет длительности интервала времени между сигналами ВМТ дает длительность периода оборота коленчатого вала, а счет сигналов ЗБ — текущую фазу поворота. Аналоговые величины преобразуются в цифровой код за 250 мкс одновременно описанными выше методами (один раз за оборот). Программа вычисляет с помощью индивидуально составленных для каждого экземпляра двигателя (при стеновой обкатке) таблиц оптимальные значения выходных параметров — угол опережения зажигания, мощность сигнала зажигания и дли-

занимает около 200 мкс, то есть возможность эффективно применять такие преобразователи для многоканального ввода относительно медленно меняющихся сигналов (до 200 Гц) без использования аналоговых запоминающих усилителей на входе преобразователя. Хотя линейность аналогового преобразователя невысока (рис. 7), программные методы коррекции нелинейности (например, с использованием таблицы поправок), позволяють эффективно бороться с этим недостатком.

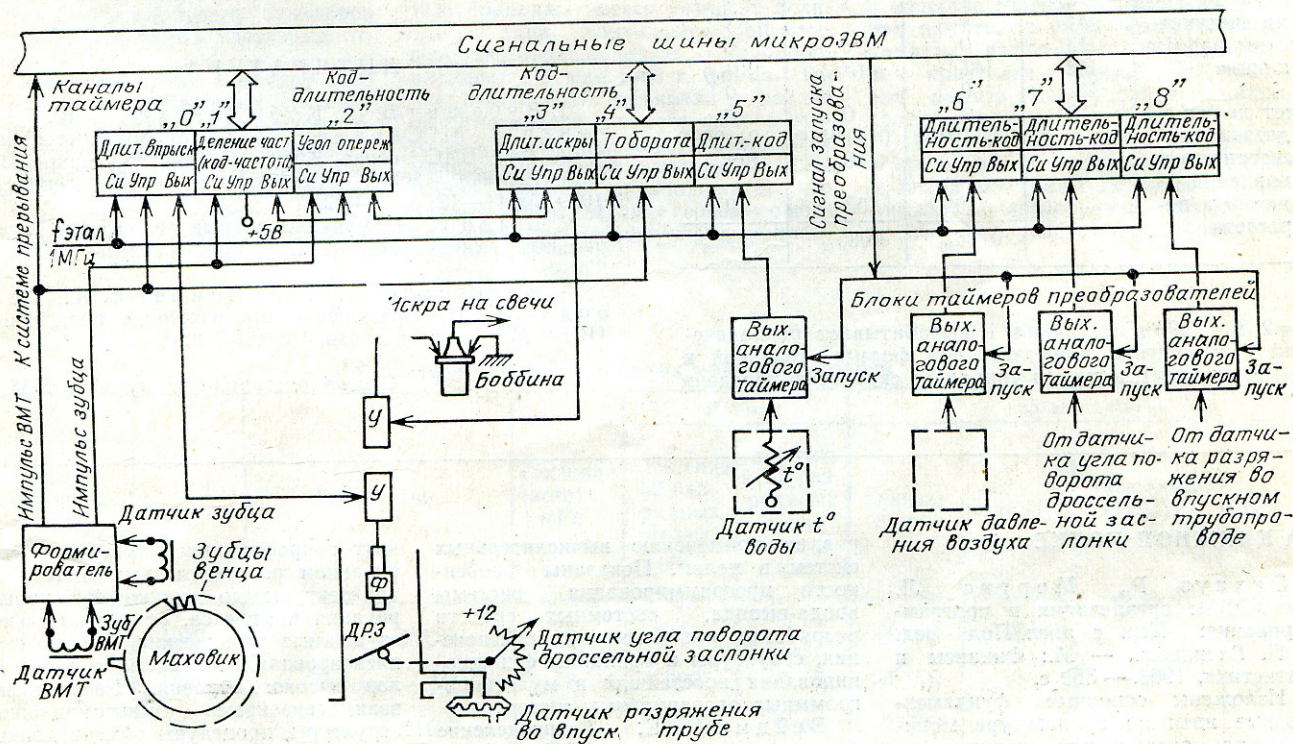


Рис. 8. Структурная схема устройства оптимального регулирования режима автодвигателя  
 У — усилитель, К — карбюратор, Ф — электрофорсунка, ДР.З — дроссельная заслонка

## Программа инициализации каналов таймера

Адрес	Команда	Комментарий
1000	LDA # \$B0	Засылка констант управления в регистры управления каналов
1002	STA \$C083	
1005	LDA # \$53	
1007	STA \$C083	
100A	LDA # \$34	
100C	STA \$C083	Загрузка счетчиков канала 0: первым — младший байт константы, вторым — старший байт
100F	LDA # \$88	
1011	STA \$C080	
1014	LDA # \$07	
1016	STA \$C080	
1019	LDA # \$35	Загрузка счетчика канала 1
101B	STA \$C081	
101E	LDA # \$00	
1020	STA \$C081	Загрузка счетчика канала 2
1023	STA \$C082	
1026	STA \$C082	

## Приложение

## Пример программы для таймера на языке ассемблер персональной ЭВМ «Агат»

Трехканальный таймер действует следующим образом: канал 0 в режиме деления эталонной частоты генерирует сигналы временного прерывания с периодом

Таблица 1П

## Значение и шестнадцатеричные коды констант управления и пересчета для каждого канала, используемые в программе инициализации

	Разряд кода	Канал 0	Канал 1	Канал 2
№ канала	D7	0	0	0
	D6	0	1	0
Режим загрузки счетчика	D5	1	1	1
	D4	1	1	1
Режим работы канала	D3	0	0	0
	D2	1(2 <sub>10</sub> )	1(3 <sub>10</sub> )	0(0 <sub>10</sub> )
	D1	0	1	0
	D0	0	0	0
Счет двоично-десятичный		00110100	01110110	10110000
Константа управления		34 <sub>16</sub>	76 <sub>16</sub>	BO <sub>16</sub>
Константа пересчета		10 <sub>4</sub>	53	0
		0788 <sub>16</sub>	0035 <sub>16</sub>	0000 <sub>16</sub>

$T_0 = 2$  мс (500 Гц); канал 1 вырабатывает периодический синхросигнал прямоугольной формы (близкой к симметричному), который управляет скоростью передачи

в линию информации с последовательного интерфейса (номинальная скорость — 1200 бод.;  $f_{Cu} = 1200 \times 16 = 19200$  Гц); канал 2 используется в качестве преобразователя длительность сигнала—код.

Частота  $f_{этал}$  подается от кварцованного генератора ( $f_{этал} = 1$  МГц).

Адреса обращения к регистрам таймера следующие: регистр управления — C083<sub>16</sub>, счетчик канала 2 — C082<sub>16</sub>, канала 1 — C081<sub>16</sub>, канала 0 — C080<sub>16</sub>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зубашич В. Ф., Кобылинский А. В., Темченко В. А., Сабадаш Н. Г. Микропроцессорный комплект БИС серии К580. Семейство микроЭВМ «Электроника К1». — Электронная промышленность, 1979, № 11—12, с. 19—22.

2. Шило В. Л. Функциональные аналоговые интегральные микросхемы. — М.: Радио и связь, 1982. — 128 с.

3. Алексенко А. Г., Коломбет Е. А., Стародуб Г. И. Применение прецизионных аналоговых ИС. — М.: Радио и связь, 1981. — 222 с.

Статья поступила 27 декабря 1983 г.

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Экхауз Р., Моррис Л. Мини-ЭВМ: организация и программирование: Пер. с англ./Под ред. Г. П. Васильева. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 359 с.

Изложены основные фундаментальные идеи по архитектуре мини-ЭВМ, по организации технических средств системы PDP-11. Рассмотрены вопросы по структуре программного обеспечения, организации, программированию, в том числе на языке MACRO-11 с множеством приме-

ров, по применению вычислительных систем в целом. Показаны особенности программирования системы ввода-вывода, системных средств разработки программного обеспечения, структуры и принципы функционирования простейших и мультипрограммных операционных систем.

Вейцман К. Распределение системы мини и микроЭВМ: Пер. с англ./Под ред. Г. П. Васильева. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 380 с.

На примере большого количества конкретных систем изложен полный

круг вопросов, связанных с проектированием распределенных систем: от архитектуры до оценки функционирования комплекса, от сравнительного анализа технических средств комплексов до анализа протоколов высокого уровня. Рассмотрены взаимосвязанные многомашинные структуры, процедуры обмена данными в них, специальные технические средства и средства программного обеспечения. В конце каждой главы приведены упражнения по решению насущных проблем, возникающих на конкретных разработках.

УДК 681.32-181.4

М. Б. Игнатъев, Ю. А. Чернышев

## Применение микропроцессоров и микроЭВМ

(ПО МАТЕРИАЛАМ ТРЕТЬЕГО СИМПОЗИУМА СТРАН — ЧЛЕНОВ СЭВ)

В октябре 1983 года в Будапеште проходил третий симпозиум специалистов стран — членов СЭВ (с участием представителей других стран) по применению микропроцессоров и микроЭВМ. Было заслушано и обсуждено более 100 докладов по следующим секциям: архитектуры, языков и систем программирования, управления и измерения, человеко-машинного интерфейса, распределенных вычислительных систем связи обработки сигналов, автоматизации проектирования и моделирования, тестирования, систем отладки аппаратурного и программного обеспечения. В докладах нашел отражение широкий спектр применений микропроцессоров и микроЭВМ в самых различных отраслях.

В последнее время в рамках СЭВ был заключен ряд важных соглашений по созданию и производству машин и оборудования на базе широкого использования роботов, микропроцессорной техники и микроэлектроники. Прошедший симпозиум — одно из мероприятий, направленных на ре-

ализацию этих соглашений. Одновременно проходило международное совещание по терминологии микропроцессоров, проводилась выставка венгерских микроЭВМ и персональных компьютеров (см. цветную вклейку).

В 1982 году на мировом рынке появились 32-разрядные микропроцессоры. Параллельно совершенствовались характеристики и архитектура 16-разрядных микропроцессоров. Проведенный анализ архитектуры 16- и 32-разрядных микропроцессоров позволяет сделать вывод о наметившейся ее стабилизации.

Оценивая достижения микропроцессорной технологии, следует отметить продолжающееся развитие архитектур типа «бит-слайс» (bit-slice, разрядно-наращиваемые микропроцессоры). В мае 1983 г. фирма Texas Instruments объявила о начале выпуска нового мощного набора этого класса, основой которого является микропроцессорная секция SN74 AS888. Можно предположить, что данный набор составит серьезную конкуренцию весьма популярному набо-

ру 2900 фирмы Advanced Micro Devices.

Важнейшие характеристики 32-разрядных микропроцессоров приведены в табл. 1, а архитектурные особенности современных микропроцессоров — в табл. 2. Характерными чертами их архитектуры являются: микропрограммирование и поточная обработка последовательности инструкций программы с глубиной конвейера, достигающей трех фаз. В большинстве моделей регистры общего назначения (РОНы) расположены на кристалле микропроцессора (регистровая архитектура), однако в приборе TI 99000 фирмы Texas Instruments в качестве РОНов применяется быстрая память, так называемая «память — память», расположенная на отдельном кристалле. Фирмой Intel быстрая память использована в микропроцессорном наборе iAPX-432.

При высокой степени интеграции, достигнутой в современных сверхбольших интегральных схемах, экономически целесообразно выполнение в составе процессорных кристаллов

Таблица 1

Характеристики 32-разрядных микропроцессоров

Типы микропроцессоров	Год выпуска	Технология	Тактовая частота, МГц	Время		Количество			РОН
				сложения 32-разрядных целых, нс	доступа к 32-разрядному слову памяти, мкс	транзисторов	выводов	основных инструкций	
NS 16032	1982	3,5 мкм — МОП	10	1600	1,5	60 000	48	82	8
HP32	1982	1,5/1,0 мкм — МОП	18	390	0,56	450 000	83	230	28
NCP/32	1982	3,0 мкм — МОП	13,3	150	0,45	40 000	68	256 (микроинструкций)	16
MAC32	1982	2,5 мкм КМОП	10	400	0,95	146 000	84	169	16

Архитектурные особенности современных микропроцессоров

Типы микропроцессоров	Микро-программируемые	Вынесенная микропамять	Поточная обработка	Аппаратный умножитель	Циклический сдвигатель	Самотестирование	Регистровая архитектура	Архитектура на основе памяти
32-разрядные MAC-32 HP-32 iAPX-432 NCP/32	+		+	+	+	+	+	+
16-разрядные Toshiba 88000 TI 99000 Intel 8086 Motorola 68000 National 16000	+		+	+	+	+	+	+

специализированных аппаратных функциональных блоков. Во всех 32-разрядных микропроцессорах предусмотрены сдвигатели, способные за один такт выполнить сдвиг на любое число разрядов; в приборах HP и Toshiba есть еще и аппаратный умножитель.

Конструкции 32-разрядных микропроцессоров достигают уже такого уровня сложности, при котором становится целесообразным выделение площади на кристалле для хранения в микропрограммном ЗУ программы самотестирования. Благодаря этому процессор может осуществлять самопроверку при каждом включении питания, сбросе в исходное состояние и после выполнения какой-либо команды. Существующие технико-экономические предпосылки для реализации самотестирования, диагностики и коррекции приведут к росту надежности, и в конечном итоге — к созданию ультраустойчивых вычислительных структур.

Существуют многоразрядные компьютеры со сложной системой команд — CISC (complex—instruction—set—computer).

Вместе с тем нельзя не отметить наличие альтернативы сложным 16- и 32-разрядным приборам. Это направление в научно-технической литературе обозначается аббревиатурой RISC (reduced—instruction—set—computer) компьютеры с сокращенной системой команд. Интенсивная дискуссия между сторонниками RISC и CISC направлений отражена в докладе профессора Дортмундского института (ФРГ) Л. Рихтера, посвященном этому вопросу.

Обоснование архитектуры RISC базируется на отказе от использования в микропроцессоре сложных команд и заключается в следующих принципах: все команды системы настолько элементарны, что могут быть выполнены за один такт; реализация команд должна быть преимущественно

аппаратная, а не микропрограммная; конвейеризация — неотъемлемое условие реализации; обеспечение максимальной непрерывности конвейера, его прерывание допускается только для случаев информационной зависимости команд; большинство ссылок на адреса реализуется без обращения к памяти (для этого на кристалле необходимо обеспечить большой набор регистров). Реализация этих принципов обеспечивает очень высокое быстродействие — до 10 млн. операций в секунду.

Основной тезис развития RISC — пользователем архитектуры любого компьютера является не человек-программист, а программа-компьютер. Поэтому максимальная эффективность микропроцессора достигается формированием оптимальных последовательностей команд с помощью компилятора. Разработчик аппаратуры должен обеспечить малое количество команд, выполняемых с большим быстродействием. Микропроцессоры с архитектурой RISC необходимо дополнить мощными средствами отладки, которые являются эффективным и легко осваиваемым инструментарием. При сопоставлении архитектур RISC и CISC дискутируется проблема разрыва между требованиями конкретных приложений компилятора и архитектурой аппаратных средств. Обычно считается, что чем меньше этот разрыв, тем проще построить транслятор.

На симпозиуме сравнивались системы RISC и CISC по быстродействию, реализации языков высокого уровня, архитектуре. Преимущество было отдано системе RISC.

Свойства базовой архитектуры оценивались в понятиях регулярности, ортогональности и комбинированности. Примером регулярности может служить адресация операндов: равномерность здесь подразумевает одинаковый способ разрядности операндов во всех командах программы.

Ортогональность определяется как независимость различных компонент архитектуры (коды операций, операнды, типы данных и управляющие конструкции); ортогональность как принцип изоляции; комбинированность, основанная на регулярности и ортогональности, строит регулярные и ортогональные компоненты выборочным способом — каждый способ адресации с каждым кодом операции и типом данных.

При сравнении архитектур RISC и CISC рассматривались и количественные характеристики, такие как производительность на уровне машинного языка. Меньшее число вариаций (т. е. большая регулярность) позволяет RISC одержать верх над CISC. Однако, связанная с этим нагрузка на компилятор RISC значительно превышает таковую для CISC. Благодаря простой структуре управления RISC микропрограммирование становится излишним. С другой стороны, очень гибкие микропрограммные архитектуры, подобные NCP/32, элементарные микрооперации могут повысить производительность системы CISC до уровня производительности системы RISC.

В то время как для RISC сложная компиляция, наиболее трудная задача для микропрограммных архитектур — осуществить эмулируемый язык машинного уровня; реализация же компилятора с языка высокого уровня хорошо известна и трудностей не представляет.

В многочисленных выступлениях на симпозиуме отмечались трудности в оценке технико-экономической эффективности решений. На первое место выдвигается суммарная трудоемкость при разработке изделия и его программирования и реализации на нем конкретных применений.

Достигнутые успехи в разработке больших и сверхбольших интегральных схем позволяют перейти к созданию мультимикропроцессорных систем.

тем. В докладе итальянских ученых А. Фаро М. Руа, Л. Вита, М. Дато, А. Валенцано рассматривалась распределенная мультимикропроцессорная сеть для управления технологическими процессами, удовлетворяющая требованиям международной ассоциации стандартов и других международных ассоциаций (ISO, CCITT, IEC, IEEE). Главной была проблема кооперации пользовательских процессоров, решаемая путем применения своеобразной системы семафоров, почтовых ящиков и многоуровневого управления. Модульность и гибкость — принципиальные преимущества этой системы, реализованной в 1983 г. для связи сетей MODIAC и локальных сетей ETHERNET.

В другом докладе итальянских специалистов Ф. Тисато и Р. Цикари из Миланского политехнического института рассматривалась абстрактная машина с X-кодами, созданная для моделирования процессов взаимодействия в сложных мультимикропроцессорных системах при реализации национальной итальянской программы по вычислительной технике.

В докладе венгерского ученого П. Каксука из Института Видеотон рассматривались вопросы параллельного программирования мультимикропроцессорных систем в рамках потоковых моделей (generalized data flow model). Эта тема была продолжена в докладе Д. Вернера из Технического университета в Дрездене.

Болгарские специалисты П. Петров, К. Дьямбазов, Х. Корсемов, А. Николов, К. Атанасов представили  $8/16$  мультимикропроцессорную систему для управления технологическими процессами, построенную из 8-битных модулей, архитектура которой отличается наличием быстрой общей шины (highway) и локальных шин разных уровней.

Польские ученые Ж. Жуст и Е. Эвербах представили распределенную систему, устойчивую к отказам за счет системной реконфигурации. Для решения этой задачи введено

специальное интеллектуальное программное обеспечение.

Важно отметить, что по мнению многих докладчиков при создании сложных вычислительных систем необходимо отказаться от принципов Фон-Неймана. Венгерские ученые Р. Петер и другие внесли большой вклад в разработку теории рекурсивных функций применительно к вычислительной технике.

В обзорном докладе профессора Б. Соучека из Загребского университета (Югославия) были рассмотрены средства программирования четвертого и пятого поколений. Отмечалось, что если сейчас свыше полумиллиона людей заняты в программировании, то для новых ЭВМ, при использовании классических способов программирования, потребуется свыше 20 млн. программистов. Появление в массовом масштабе сверхбольших интегральных схем требует новых принципов программирования. Специальные фирмы по средствам программирования будут производить модульные, гибкие, легко приспособляемые средства программирования для пользователей. Тогда обычный пользователь сможет обойтись без программиста. Средства программирования четвертого поколения предоставляют пользователям большое количество блоков, модулей и подпрограмм.

Связь человек—машина осуществляется через запросы, сообщения, генерирующие программы и языки очень высокого уровня. Задача поставщиков мини- и микроЭВМ в том, чтобы пользователь мог разработать обращение (заявку) без программиста. Все чаще переходят от средств программирования к аппаратной части, которая насыщается специализированными блоками памяти и проблемно-ориентированными процессорами, чтобы максимально облегчить программирование. Большое применение получают методы искусственного интеллекта. На микропроцессорах реализуются экспертные системы зна-

ний и самообучающие системы. В докладе доктора Е. Пиллера (Австрия) рассматривалась проблемно-ориентированная микропроцессорная система, реализованная на микропроцессорах iAPX-432, в которой проявляются новые возможности программирования путем создания набора базисных операций для прямого манипулирования над структурой данных.

Большое внимание на симпозиуме было уделено инструментальным комплексам отладки программного и аппаратного обеспечения микропроцессорных систем. Так, в докладе польских ученых Дж. Сцинки, С. Позенского и А. Плуца рассмотрена система отладки ЕМИ-48, предоставляющая пользователю большой набор возможностей. В докладах венгерских ученых предложены три системы отладки различных микропроцессорных систем.

Исследования международной организации по стандартизации насчитывают более 200 тысяч применений микропроцессоров и основная часть докладов была посвящена конкретным применениям. Например, на секциях по контролю и измерениям обсуждались доклады по автоматизации различных приборов на основе встроенных микропроцессорных систем, встроенным микропроцессорным системам в системах связи различного уровня, в управлении различными технологическими процессорами и гибкими производственными системами.

В целом следует отметить, что симпозиум прошел на высоком научном уровне, позволил обменяться мнениями по вопросам микропроцессорных систем представителям различных стран. Следующий симпозиум намечено провести также в Будапеште в 1985 году.

(Обзор составлен по материалам сборника докладов, сделанных на совещании стран—членов СЭВ).

*Статья поступила 23 декабря 1983 г.*

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Прангишвили И. В., Подлазов В. С., Стецюра Г. Г. **Локальные микропроцессорные вычислительные сети.** М.: Наука, 1984.

Книга посвящена вопросам логической организации и технической реализации локальных микропроцессорных вычислительных сетей (ЛМВС). В ней анализируются проблемы обеспечения живучести и повышения эффективности ЛМВС.

**Системы управления информационных сетей.** М.: Наука, 1983.

Сборник посвящен построению си-

стем управления в сетях передачи и обработки информации. Исследуются вопросы адаптивного управления потоками информации на сетях связи и организации программного обеспечения. Излагаются методы выбора структуры и анализа надежности мультимикропроцессорных систем управления. Ряд статей посвящен теории телеграфика.

Алексенко А. Г., Галицын А. А., Иванников А. Д. **Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах.** — М.: Радио и связь, 1983, 15 л., 1 р. 10 к.

Даются основные принципы проектирования цифровой аппаратуры на основе микропроцессорных средств. Основное внимание уделяется разработке технических средств и программного обеспечения для сопряжения микроЭВМ с управляемым объектом, ЗУ микропроцессорных систем, комплексной отладки микропроцессорных систем с использованием аппаратно-программных отладочных комплексов. Подробно рассматривается процесс проектирования терминальных устройств, систем числового программного управления и цифровых фильтров на основе микропроцессоров.

С. С. Матвеев

**В ПАВИЛЬОНЕ  
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»**

В давних традициях ВДНХ не только демонстрировать уже достигнутые успехи народного хозяйства, но и знакомить с новинками, обладающими большим потенциалом. Так, в павильонах ВДНХ представлены и семена новых сортов растений, давших обильный урожай на полях опытных и передовых хозяйств страны, и микропроцессоры — зерна новейшей технологии, которые уже сейчас приносят заметный урожай и за которыми огромное будущее.

В большом значении микропроцессорных средств для автоматизации машин оборудования и приборов и создания на этой основе автоматизированных предприятий и технологических комплексов еще раз наглядно убеждаешься, посетив павильон «Вычислительная техника» где развернута постоянно действующая межотраслевая выставка «Применение микропроцессорных средств в народном хозяйстве».

Экспонаты представлены различными отраслями по следующим программным направлениям:

элементная база микропроцессорной революции — микропроцессорные комплекты больших интегральных схем (БИС);

микроЭВМ;

вычисления, разработка и отладка программ на автоматизированных рабочих местах технолога-программиста (АРМ ТП) и персональных ЭВМ (ПЭВМ);

микропроцессоры и микроЭВМ в АСУ технологическими процессами (АСУ ТП) и на участках станков с числовым программным управлением;

микропроцессоры в текстильной промышленности, в медицине, на транспорте, в горно-рудной промышленности в сельском хозяйстве и связи;

применение микропроцессоров в бытовой электронной технике.

На стендах секций демонстрируются изделия, описаниями и разные виды вычислительных микросистем, управляющих целой гаммой машин, оборудования и приборов.

**Микропроцессорные комплекты**

С элементной базой микропроцессорной техники знакомит первый зал выставки. Здесь

и микропроцессорные комплекты, и их визитные карточки — таблицы с техническими характеристиками.

Кроме уже хорошо известных серий К580, К581, К584, есть микропроцессорный комплект серии К1802 с быстродействием 5 млн. операций/с и К1800 с быстродействием 10 млн. операций/с.

При обновлении выставки по мере развития технологии номенклатура экспонируемых серий, возможно, расширится за счет БИС, обеспечивающих большую серийность и меньшие оптовые цены, т. е. массовость вычислительных микросистем.

**МикроЭВМ**

Эта секция знакомит с наиболее широко применяющимися в народном хозяйстве универсальной микроЭВМ «Электроника-60» и управляющей микроЭВМ СМ-1800.

МикроЭВМ СМ-1800 может управлять производственными агрегатами и процессами, умеет автоматизировать лабораторные эксперименты и измерения и, кроме того, играет роль инструментальной машины (рабочего места программиста). Система команд определяется архитектурой микропроцессора КР580ИК80А. Модификации СМ-1800 удобно размещать в производственных помещениях, лабораториях и конторах.

МикроЭВМ «Экспромт-80» предназначена для автоматизации технологических и производственных процессов в режиме реального времени, т. е. в режиме диалога «человек — машина». Основной элемент микроЭВМ — однокристалльный 8-разрядный микропроцессор КР580ИК80А. МикроЭВМ называется «Экспромт-80», но она способна очень педантично отлаживать программы, обрабатывать и хранить информацию.

Даже простейшая из представленных в экспозиции микроЭВМ на основе микропроцессорного набора КР580 обладает широкой гаммой возможностей: разрабатывает программы для микропроцессорных систем, управляет технологическим и научно-исследовательским оборудованием, обрабатывает экспериментальные данные и обучает программированию.

**Вычисления, разработка и отладка программ на автоматизированных рабочих местах технолога-программиста (АРМ ТП) и персональных ЭВМ (ПЭВМ)**

Характерно, что в павильоне выделена особая экспозиция для автоматизированных рабочих мест и персональных ЭВМ в качестве одного из направлений промышленности — персональных вычислительных средств.

Там, где нет необходимости в одновременном решении многих различных задач с быстрым действием в десятки миллионов операций в секунду, гораздо выгоднее применять вычислительные микросистемы, к числу которых принадлежат автоматизированные рабочие места технолога-программиста (АРМ ТП), персональные ЭВМ (ПЭВМ), диалоговые вычислительные комплексы (ДВК) и вычислительные управляющие микросистемы (ВУМС).

Все эти виды вычислительных микросистем представлены на выставке. Несколько экспонатов — автоматизированные рабочие места. Для автоматизации работ по технологической подготовке производства участка станков с ЧПУ предназначено «АРМ ТП для участка станков с ЧПУ». На этом комплексе разрабатываются управляющие программы к станкам моделей 2Р135Ф2 с системами ЧПУ 2П32-3 и «Координата—С70».

Персональная ЭВМ «Агат» настолько проста в обращении, что ею могут пользоваться даже люди, не имеющие специальной подготовки. ПЭВМ «Агат», отображая буквенно-цифровую и графическую информацию на экране цветного телевизора, в режиме диалога «человек—машина» предоставляет и выполняет выбранные собеседником-человеком инструкции. Она служит для тестирования при профориентации, для ускоренного обучения школьников, студентов, рабочих и программистов.

В проекте ЦК КПСС о школьной реформе предлагается «увеличить количество компьютеров в специализированных классах средних школ». Персональные ЭВМ станут массовыми и на производстве, как средство обучения и переподготовки специалистов для работы на АРМ ТП, и в институтах, как инструмент для научных исследований и опытно-конструкторских разработок.

Персональные ЭВМ можно дополнить контрольно-измерительными устройствами. Такая персональная микросистема сумеет записывать параметры сигналов в память, считывать и усреднять их, воспроизводить показания приборов и документировать результаты в виде текста, таблиц, графиков и мультфильмов.

#### **Микропроцессоры и микроЭВМ в АСУ технологическими процессами и на участках станков с числовым программным управлением**

АСУ ТП, сформированные на базе микроЭВМ и микропроцессоров, управляют технологическими установками и линиями с участками станков ЧПУ, а также контрольно-измерительной аппаратурой. При этом они регули-

руют различные параметры технологических процессов: температуру, влажность, скорость движения. Информация о меняющихся параметрах, важных для технологического процесса, собирается датчиками и от них поступает на нормирующие преобразователи. Они преобразуют информацию с датчиков в унифицированные сигналы, которые затем поступают на обработку в микроЭВМ. После обработки полученных данных машина выдает команды исполнительным органам: поднять или снизить температуру, влажность и т. д.

Для микроЭВМ характерна гибкость перепрограммирования, и благодаря этому для АСУ ТП (на базе микроЭВМ) легко перестраивать программу управления технологическим процессом или установкой. Это делают специалисты на АРМ технолога-программиста.

Заводы и фабрики, внедрившие АСУ ТП, получили большой экономический эффект: потребление электроэнергии снизилось на 15%, а производительность труда повысилась в 3—5 раз. При этом высвободилось до 15% рабочих, занятых тяжелым ручным трудом.

На стенде демонстрируется система управления технологическим оборудованием, построенная на базе малой ЭВМ «Электроника 100/25», — «Экран-4». Она пригодна для выпуска конструкторской и технологической документации по изготовлению фотосаблонов, а также — управляющих перфолент для станков с ЧПУ.

В том же зале выставлена оперативная система для числового программного управления (ОСЧПУ), созданная на базе микроЭВМ «Электроника НЦ-0631». Она управляет различным металлообрабатывающим и технологическим оборудованием. Модульная конструкция аппаратной части, блочное исполнение программного обеспечения, наличие интерфейса типа СМ ЭВМ, возможность перезаписи полупостоянной памяти — все это позволяет легко приспособлять ОСЧПУ к разнообразным видам технологического оборудования.

Использование ОСЧПУ в народном хозяйстве, как сообщает один из плакатов в зале, даст возможность:

— повысить производительность труда в металлообрабатывающей и других отраслях промышленности в 2,5—3 раза;

— сократить численность персонала в 3 раза;

— решить социальную проблему привлечения молодежи в металлообрабатывающую промышленность.

Экономический эффект от внедрения ОСЧПУ в одиннадцатой пятилетке составит 170 млн. руб.

Пример — «Машина для плазменной резки с числовым программным управлением на базе микроЭВМ» — «Искра-2,5К». В технической характеристике этой машины указан экономический эффект — предприятие сберегло 124 800 руб.

АСУ ТП очень быстро эволюционируют. На смену АСУ ТП, где одна микроЭВМ решает все задачи: и вычисления, и координации, и управления пришел новый тип — с распределенным управлением, с многопроцессорной системой — центральная ЭВМ только координирует, а связанные с ней периферийные ЭВМ уже на своих местах несут функции вычисления и управления.

Благодаря такой иерархии новые АСУ ТП решают большее число задач, более надежны в работе и экономят до 30% машинного времени. Один из примеров — представленная в павильоне микропроцессорная автоматизированная распределенная система управления (МПАРС) воздухоораспределительной установки.

#### **Микропроцессоры в текстильной промышленности, в медицине, на транспорте, в горнорудной промышленности, сельском хозяйстве и связи**

Широко и разнообразно используются микропроцессоры в текстильной промышленности. В павильоне есть лабораторно-измерительный комплекс средств для статистического анализа неровности продуктов прядения. Однако применение относительно дешевых микропроцессоров — лишь один из путей организации недорогих управляющих систем. На стендах выставки вычерчены схемы АСУ технологическими процессами в текстильной промышленности с одной или несколькими управляющими микроЭВМ, которым, в отличие от микропроцессоров, под силу реализовать сложную стратегию управления и большие объемы вычислительных операций.

Медицинская техника — еще одна перспективная область применения микропроцессоров. Медицинские приборы, в которые встроены схемные модули на основе микропроцессорного комплекта КР580, способны решать широкий класс задач. Например, представленный на выставке «Кардиоанализатор статистический РКАС-01» одновременно регистрирует и фиксирует несколько параметров сердечной активности.

Переносный, а благодаря микропроцессорному исполнению недорогой и простой в эксплуатации диагностический комплекс «Электроника Тонус НЦ-01» реализует на програм-

многочисленном уровне психологическое тестирование операторов любого класса. Экспрессный контроль психофизиологического состояния завершается определением уровня работоспособности в данный момент и прогнозом готовности оператора к предстоящей работе.

Этот комплекс незаменим и при профотборе, так как без обоснованной точной профориентации нельзя ожидать качественных результатов в производственной деятельности. При тестировании летчиков и шоферов, диспетчеров и операторов, спортсменов и, конечно, больных людей диагностический комплекс пока дает упрощенные оценки. Состояние работоспособности он определяет как «Годен» или «Не годен», а готовность человека к работе прогнозирует по трем стадиям: «Неудовлетворительная», «Удовлетворительная» и «Хорошая».

Применение микропроцессоров на транспорте позволит сэкономить до 30% горюче-смазочных материалов и увеличит оборачиваемость подвижного состава на 40—50%. Например, построенные на микропроцессорах серий К588, К583, К584 «Микропроцессорные системы управления двигателями легковых и грузовых автомобилей ВАЗ, АЗЛК, ГАЗ и ЗАЗ; ЗИЛ, ЛАЗ и ЛИАЗ» экономят до 10% бензина, снижают токсичность выхлопных газов на 20%, оптимизируют работу двигателя за счет управления моментом искробразования и экономайзером принудительного холостого хода.

На одном из стендов вычерчена «Автоматизированная система управления техпроцессами испытания двигателей» (на базе микроЭВМ «Электроника С5-02», «Электроника-60М»). Она позволяет измерять до 80 параметров по каждому испытываемому двигателю, регистрировать информацию в текстовой и графической форме, рассчитывать неизмеряемые параметры и показатели. Внедрение системы ускорило подготовку производства к выпуску новых двигателей, повысило достоверность результатов испытаний, сократило число обслуживающего персонала.

На «Весы вагонных 1959 ТС 200 В» (экспонируется макет) взвешиваются железнодорожные составы массой до 2000 т в движении без расцепки состава. Это очень удобно для предприятий, получающих сырье большими эшелонами по несколько раз в сутки. Весы документально регистрируют массу каждого вагона и всего состава с точностью  $\pm 5\%$ .

Над пультом управления других весов (для взвешивания автомобилей и железнодорожных вагонов в движении) укреплен планшет со схемой «Автоматизированной системы управления «Карьер-3»», контролирующей технологические процессы в открытом карьере и



процент выполнения задания водителями самосвалов в течение любого часа и за смену.

Микропроцессорные средства дают возможность автоматизировать контроль и управление и в области сельского хозяйства. Сбор зерновых с 1 га по предварительным оценкам увеличится благодаря этому на 2 ц, а продуктивность животноводства на 15%. Это значительный вклад в решение Продовольственной программы.

В животноводческом совхозе «Жилево» в настоящее время работает автоматизированная информационная система (АИС). АИС вводит, хранит, обрабатывает и быстро оформляет таблицами информацию о хозяйственной деятельности подразделений, бригад и всего совхоза.

Работа с АИС не требует от пользователя специальной математической подготовки. Эта система способна также автоматизировать управление автохозяйствами, гостиницами и больницами.

Международная система спутниковой связи «Инмарсат», использующая микропроцессорные средства, оперативно связывает отечественные суда с абонентами на территории СССР и иностранных государств через международные спутники «Инмарсат» и отечественные спутники «Горизонт».

## Применение микропроцессоров в бытовой электронной технике

Экспонаты этого зала показывают, какой станет бытовая электронная техника через несколько лет.

Магнитофоны, экспонируемые на выставке, способны записать и воспроизвести стереофонические программы. Игрушки и устройство для обучения иностранным языкам оживают благодаря помещенным внутри микропроцессорам.

Шахматные «партнеры» с микропроцессорным управлением, многозначительно названные «Интеллект-01» и «Интеллект-02», как только нажмешь кнопку, оживают в ларце размером с чемоданчик типа «дипломат» и совсем недипломатично обыгрывают своего хозяина. А уровень микропроцессорного партнера высокий — второй шахматный разряд!

Все это — лишь некоторые примеры возможностей микропроцессорных средств в повышении эффективности приборов, машин, оборудования, технологических процессов. Экспозиция на ВДНХ будет обновляться, и посетители увидят новые образцы применения микроЭВМ и микропроцессоров в народном хозяйстве.

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Березин А. С., Мочалкина О. Р. **Технология и конструирование интегральных микросхем: Учеб. пособие для вузов/Под ред. И. П. Степаненко.** — М.: Радио и связь, 1983, 18 л., 95 к.

Подробно рассмотрены современные технологические методы создания полупроводниковых и гибридных интегральных микросхем. Дается описание отдельных технологических процессов и приводятся полные типовые технологические циклы изготовления различных микросхем. Рассмотрены методы конструирования интегральных микросхем. Книга является продолжением учебных пособий: «Основы микроэлектроники» (М.: Сов. радио, 1980) и «Микросхемотехника» (М.: Радио и связь, 1982), изданных под общей редакцией проф. И. П. Степаненко.

Романов Ф. И., Шахнов В. А. **Конструкционные системы микроЭВМ.** — М.: Радио и связь, 1983, 8,5 л., 45 к.

Рассмотрены конструкционные системы средств вычислительной техни-

ки 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 конструкционной системы. Рассмотрены вопросы дизайна микроЭВМ.

Тарабрин Б. В., Ушибышев В. А., Черепанов А. Т., Шмаков Т. М. и др. **Интегральные микросхемы: Справочник/Под ред. Б. В. Тарабрина.** — М.: Радио и связь, 1983, 40 л., 3 р.

Справочник содержит сведения по серийно выпускаемым интегральным микросхемам. Дается классификация, система условных обозначений принципиальные электрические схемы, электрические параметры и указания по их измерению. Даны рекомендации по применению и условиям эксплуатации. Особое внимание уделено микропроцессорам.

**Кибернетика: Неограниченные возможности и возможные ограничения. Дела практические.** М. Наука, 1983.

В очередном — четвертом сборнике статей известных советских ученых показаны наиболее эффективные приложения кибернетики за последнее десятилетие. Большой интерес представляет попытка ответить на вопрос: «Куда идет кибернетика?» Показаны перспективы развития робототехники, применения искусственного интеллекта для управления, тенденции развития сверхмощных супер-ЭВМ, намечены пути создания оптического мозга, рассказывается о применении методов кибернетики в литературе, музыке, искусстве.

**Теория передачи информации. Терминология. Вып. 101.** М.: Наука, 1983.

Терминология охватывает группу понятий, связанные с информацией и энтропией, сообщением и его передачей, кодированием, декодированием и видами кодов, помехами и помехоустойчивостью, модуляцией и приемом (всего более двухсот позиций).

## ВТОРАЯ ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ микроЭВМ» — «ДИАЛОГ-84-МИКРО»

Главное управление вычислительной техники и систем управления Государственного комитета СССР по науке и технике, Совет по автоматизации научных исследований при Президиуме АН СССР, Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР, Институт теоретической астрономии АН СССР проводят в ноябре 1984 года в Ленинграде вторую Всесоюзную конференцию «Индивидуальные диалоговые системы на базе микроЭВМ» (персональные компьютеры) — «Диалог 84-Микро».

На конференции предполагается организовать работу следующих проблемных секций:

Социально-экономические аспекты развития нового типа ЭВМ — персональных компьютеров.

Вопросы аппаратной реализации персональных вычислительных систем.

Базовое программное обеспечение персональных компьютеров.

Функциональные и технические особенности организации диалога в персональной вычислительной системе.

Применение персональных ЭВМ в гибком автоматизированном производстве и автоматизации проектирования.

Проблемно-ориентированные диалоговые вычислительные комплексы на базе микроЭВМ: индивидуальные системы обработки текстов, лабораторные системы автоматизации экспериментов и т. д.

Для выступления на конференции необходимо до 1 июня 1984 г. прислать в оргкомитет тезисы доклада. Заявка на участие в работе конференции, подписанная руководителем организации, должна включать следующую информацию об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), ученая степень и звание, место работы, должность, телефон и адрес для переписки, а также предполагаемая секция для доклада.

Для облегчения работы программного комитета конференции по отбору докладов, тезисы должны сопровождаться произвольно оформленным текстом доклада, подробно и ясно раскрывающим существо выполненной работы, обоснования принципиальных установок авторов и т. д. (8—12 машинописных страниц). Адрес оргкомитета: 191187, Ленинград, наб. Кутузова, 10, ИТА АН СССР, «Диалог 84»  
Телефоны для справок: 278-88-58, 278-88-12.

### Обращение к читателям!

Редакция и редколлегия надеются, что читатели будут сообщать о намеченных симпозиумах, совещаниях, семинарах, школах передового опыта, посвященных проблемам развития и применения микропроцессорных средств и систем.

В кратком сообщении Вы можете указать тему мероприятия, сроки его проведения, организаторов, адреса и телефоны для получения дополнительной информации.

Мы будем благодарны Вам также за сведения об организации выставок, выпуске фильмов, телепередач по проблемам, освещаемым в журнале.

Информация об этих мероприятиях может быть опубликована в журнале.

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации. — М.: Наука, 1984 (IV кв.) — 15 л. — 1 р. 20 к. 50000 экз. 240500000.

В книге рассматривается становление идей, приведших к формированию на рубеже 80-х годов понятия национальные информационные ресурсы. На материале статистических данных, опубликованных в иностранной, в основном американской, научно-технической периодике, исследуются тенденции развития мировой индустрии ЭВМ — отрасли, которая обеспечивает промышленную эксплуатацию национальных информационных ресурсов. Анализируются технологические и некоторые социально-экономические аспекты проблем промышленной эксплуатации информационных ресурсов.

Исследуется эволюция информационной технологии за первые четыре десятилетия компьютерной эры: этапы развития индустрии ЭВМ; процесс последовательного формирования новых классов ЭВМ (большие, мини-, микроЭВМ); последовательная смена критериев эффективности средств вычислительной техники; сдвиги в относительной трудоемкости основных фаз технологического цикла создания программ (разработка общих требований и формальных спецификаций на программы, кодирование и отладка, сопровождение программного продукта). Анализируются некоторые направления решения проблем аппаратной, программной и информационной совместимости ЭВМ. Значительное место в книге отводится рассмотрению феномена персональных вычислений и влиянию персональных ЭВМ на тенденции развития информационной технологии. Рассматриваются технологические аспекты внедрения персональных ЭВМ в гибкие производственные системы автоматизации (ГАП).

Смирнов Н. И., Широков В. Б. Оценка безотказности интегральных микросхем. — М.: Радио и связь, 1983, 6 л., 35 к.

Дается методика оценки безотказности интегральных микросхем (ИС) в производственных условиях с учетом корреляционных связей между электрическими параметрами однотипных интегрально выполненных элементов. Приведены примеры расчета безотказности функционально-технологического процесса производства ИС и рассматриваются вопросы организации общих принципов статистического контроля их электрических параметров.

Бирюков С. А. Цифровые устройства на микросхемах. — М.: Радио и связь, 1984, 7 л., 50 к.

Описаны принципы использования микросхем серии K155, приведены описания электронных часов на микросхемах серии K155, K134, универсального цифрового частотомера на микросхемах серии K155 и K500, частотомера с автоматическим определением диапазона измерения, цифровой шкалы трансивера и радиоприемника с вакуумным индикатором ИВ-21, генератора для настройки музыкальных инструментов, генератора аккордов для электромузыкальных инструментов, блоков питания цифровых устройств.

### РЖ ВИНТИ

7Б378. Школы, обучающие работе на персональных ЭВМ, Personal computer schools «JIPDEC Rept», 1983, N 52, 38—45.

Рассмотрены современное состояние и перспективы развития учебных заведений, занимающихся вопросами обучения работе на персональных ЭВМ в Японии. Отмечена тенденция в наращивании числа (от 8 до 16) рядов в персональных ЭВМ. Это позволяет использовать языки программирования ФОРТРАН и КОБОЛ. Поэтому важно, как указывают авторы, ввести в школы преподавание новых курсов в дополнение к курсу программирования на языке BASIC.

## Рефераты статей

УДК 681.3:65.011.5

Романов А. К. **Микропроцессорная техника — основа автоматизации народного хозяйства.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 3.

Анализируются области применения микропроцессоров и микроЭВМ, проблемы стандартизации их программного обеспечения, приводятся результаты Всесоюзного совещания по применению микропроцессорных средств в народном хозяйстве по Единой целевой комплексной научно-технической программе.

УДК 681.3:51

Наумов Б. Н., Гиглавый А. В. **Микропроцессорная технология — основа перспективных ЭВМ массового применения.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 7.

Для перспективных моделей микропроцессорных ЭВМ серии СМ предложен трехуровневый принцип формирования номенклатуры модулей технических и программных средств. В программном обеспечении ЭВМ массового применения отмечена продуктивность принципа виртуальной машины, позволяющего согласовывать требования к схемотехнике БИС/СБИС, принадлежащих к различным поколениям.

УДК 681.3.00.—181.4

Пролейко В. М. **Микропроцессорные средства вычислительной техники и их применение.** — «Микропроцессорные средства и системы», 1984, № 1, с. 11.

Обсуждаются особенности микропроцессоров и микроЭВМ различных поколений. В краткой форме рассмотрены микропроцессорные средства вычислительной техники.

Показаны основные направления решения одной из узловых задач применения микропроцессорной техники — создания средств отладки устройств на основе микропроцессоров. Дан краткий обзор применений, указаны направления работ по широкому внедрению микропроцессоров в народное хозяйство.

УДК 681.3.02:621.3.049.771.14

Шахнов В. А. **Развитие и применение микропроцессоров и микропроцессорных комплектов БИС.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 17.

Кратко рассмотрены предпосылки появления микропроцессоров, их архитектурные разновидности. Дан сравнительный анализ выпускаемых с помощью различных технологий микропроцессорных комплектов БИС, рекомендованы основные области их применения.

УДК 621.3.049.77:002.72

Платонов А. К. **Проблемы разработки микропроцессорных средств и систем управления роботами.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 22.

Рассмотрены пути создания надежных и дешевых устройств управления роботами и технологическим оборудованием на основе специализированных микропроцессоров, обеспечивающих наиболее эффективное решение задач управления робототехнической системой данной конфигурации.

UDC 681.3:65.011.5

Romanov A. K. **Microprocessor Techniques — the Basis for Automation in National Economy.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 3.

The author analyses the areas of microprocessors and microcomputers application together with the problems of their software standardization. The recommendations of the All-Union meeting on the application of microprocessors in the national economy are being presented with respect to the Integrated Objective Complex State Programme on Science and Technology.

UDC 681.3:51

Naumov B. N., Giglavy A. V. **Microprocessor Technology — the basis for Advanced Computers for Wide-Range Applications.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 7.

The article presents 3-level nomenclature of hardware and software generation of the SM-EVM for the advanced microprocessor-based computers. The virtual machine approach applied to software development allows adaptation to different generation of IC technology.

UDC 681.3.00—181.4

Proleiko V. M. **Application of Microprocessors in Computlrs.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 11.

Several generations of microprocessors and microcomputers are being considered with the attention to application of microprocessors in computer technology. The microprocessor development systems have been considered as one of the important tasks in the given area. A brief overview of the direction for the wide-range microprocessor application in the national economy is being presented in the paper.

UDC 681.3.02:621.3.049.771.14

Shakhnov V. A. **The Development and Application of Microprocessors and Integrated Circuit Sets.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 17.

The evolution of microprocessors architectures are being considered. A comparison of different technologies for IC sets production has been presented and the recommendations for their applications have been discussed.

UDC 621.3.049.77:002.72

Platonov A. K. **The problems of Microprocessor and Robot Control Systems Development.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 22.

The author considers the methods of developing reliable and inexpensive devices for robots and instrumentation control. Customised IC-s provide the most efficient means for controlling the robot of a given configuration.

УДК 681.327.

Мячев А. А., Никольский О. А. **Стандартные интерфейсы микропроцессорных систем.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 27.

Предложена классификация интерфейсов микропроцессорных систем (МПС), систематизированная на основе нормативно-технических документов. Рассмотрены особенности стандартизации системно-ориентированных, системно-независимых межблочных интерфейсов интерфейсов распределенных систем управления. Приведены их основные характеристики и особенности. Отмечены тенденции развития и стандартизации, особенности применения в МПС.

УДК 681.322.1

Лавров С. С. **Кому и для чего нужна персональная вычислительная машина?** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 34

Лаконично формулируются назначение, определение и минимальные требования к аппаратному и программному обеспечению персональных вычислительных машин.

УДК 681.322.1

Громов Г. Р. **Персональные вычисления — новый этап информационной технологии.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 37.

Рассмотрена эволюция информационной технологии за 30 лет развития индустрии ЭВМ. Исследованы основные закономерности этапов развития вычислительной техники: большие-, мини-, микро- и персональные ЭВМ. Значительное место уделено рассмотрению технологических и социально-экономических аспектов феномена персональных вычислений, определяющих основные направления развития информационной технологии 80-х годов.

УДК 681.3.066

Звенигородский Г. А., Глаголева Н. Г., Земцов П. А., Налимов Е. В., Цикоца В. А. **Программная система «Школьница» и ее реализация на персональных ЭВМ.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 50.

Описывается система «Школьница», позволяющая создать интегрированную программную среду учебно-производственного назначения. Систему можно эффективно использовать в работе со школьниками, студентами, а также в составе автоматизированных рабочих мест специалистов различного профиля для решения прикладных задач в диалоговом режиме.

УДК 681.322.1

Иоффе А. Ф. **Массовые персональные ЭВМ серии «Агат».** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 56.

Даны особенности проектирования, основные характеристики, модули, структура программных средств персональных ЭВМ серии «Агат», которые можно эффективно применять в качестве персональных автоматизированных рабочих мест конструктора, научного работника, технолога и в локальных автоматизированных системах управления отделом, цехом, гостиницей и т. д.

UDC 681.327

Myachev A. A., Nikolsky O. A. **The Standard Interfaces for Microprocessor Systems.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 27.

The classification of microprocessor system interfaces has been proposed on the basis of their technical descriptions. The standardization of different interfaces is being discussed including system-independent and system dependent internal system buses as well as distributed control systems interfaces. Specific characteristics and the trends of their standardization are being considered.

UDC 681.322.1

Lavrov S. S. **Who and Why Needs a Personal Computer?** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 34.

The purpose, definition and minimal requirements of personal computer hardware and software is being discussed in a brief overview.

UDC 681.322.1

Gromov G. R. **Personal Computing — a New Stage of Information Technology.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 37.

The paper presents an attempt to consider a 30-year evolution of information technology from the unified standpoint. The main trends of computer technology are being considered — for large, mini-, micro-, and personal computers. Technological, economical and social aspects of personal computer phenomenon have been discussed with the conclusion that it will determine the trends of information technology in 80-s.

UDC 681.3.066

Zvenigorodsky G. A., Glagoleva N. G., Zemtsov P. A., Nalimov E. V., Tsikoza V. A. **«Shcolnitsa» — the Programming System for Schoolchildren on the Personal Computers.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 50.

«Shcolnitsa» is a system for building computer-aided educational environment for schoolchildren and university students. It can be used also as a component of the problemoriented workstations on the personal computers.

UDC 681.322.1

Ioffe A. F. **«Agate» — the Personal Computers for Wide-Range Application.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 56.

A new range of personal computers «Agate» is being presented with the specification of their functionality, hardware and software components. «Agate» computers are intended as the personal workstations for designers, scientists, engineers as well as the basis for automation systems in offices, factories, hospitals etc.

УДК 681.3.06

Липаев В. В., Каганов Ф. А. **Адаптируемые кросс-системы проектирования программ на базе больших универсальных ЭВМ и микроЭВМ.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 61.

Рассмотрена проблема проектирования комплексов программ различных классов сложности для специализированных микроЭВМ. Предложено решение этой проблемы, основанное на применении семейства адаптируемых кросс-систем, включающих большие универсальные ЭВМ, микроЭВМ и средства, объединяющие эти машины. Описана кросс-система ПРА, предназначенная для автоматизации проектирования комплексов программ различной степени сложности.

УДК 681.325.5+681.326:007.52

Макаров И. М., Рахманкулов В. З. **Применение микропроцессорных средств в робототехнике и гибких автоматизированных производствах.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 66.

Дается обзор по структуре и проблематике систем управления промышленными роботами (ПР) и гибким автоматизированным производством (ГАП). Обсуждаются проблемы системного (наиболее экономичного) проектирования, исследования, изготовления и применения микропроцессорных средств для ПР и ГАП.

УДК 681.325.5

Курьянов Б. Ф., Тилинин Д. А., Утяков Л. Л. **Автономный измерительно-вычислительный комплекс для исследования акустических шумов океана.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 72.

Сформулированы основные требования и дано описание разработанного в Институте океанологии автономного вычислительного комплекса, предназначенного для автоматизации океанологических исследований, в частности, исследований акустических шумов океана. Приведены результаты испытаний и обсуждены направления дальнейших работ по использованию микропроцессорных систем для повышения быстродействия и понижения энергопотребления автономных комплексов.

УДК 621.325.4

Торгов Ю. И. **Программируемый таймер КР580ВИ53 и его применение** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 77.

Рассматриваются функциональное устройство программируемого таймера и стандартные режимы его применения.

Приводятся примеры использования таймера в качестве различных преобразователей и микропроцессорного устройства оптимального регулирования режима работы автомобильного двигателя.

УДК 681.322—181.4

Игнатьев М. Б., Чернышев Ю. А. **Применение микропроцессоров и микроЭВМ.** — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 1, с. 85.

Описаны доклады, представленные на симпозиуме, в которых нашел отражение широкий спектр применений микропроцессоров и микроЭВМ. Представлены (в таблицах) архитектурные особенности современных микропроцессоров и важнейшие характеристики 32-разрядных микропроцессоров. Даны оценки свойств базовой архитектуры.

UDC 661.3.06

Lipaev V. V., Kaganov F. A. **Adaptive Cross-Systems for the Development of Microcomputer Programs on the Big Computers.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 61.

The problem of microcomputer programs development is being considered for different levels of complexity and different applications of the specialized microcomputer systems. The proposed method is being based on the family of adaptive cross-compilers for big computers connected with micro-computers. PRA — a cross-compiler-based system is intended for the development of microcomputer programming systems of varying complexity.

UDC 681.325.5+681.326'007.52

Makarov I. M., Rakhmankulov V. Z. **Microprocessor Application in Robotics and Flexible Computer-Aided Manufacturing.** — Microprocessor Devices and Systems. 1984, N 1, p. 66.

The article presents an overview of the structures and control methodology for industrial robots and flexible computer-aided manufacturing. The problems of microprocessor-based systems design, research and production have been discussed with respect to their application in robotics and CAM.

UDC 681.325.5

Kurjanov B. F., Tilinin D. A., Utyakov L. L. **Autonomous Computer-Measurement Complex for Acoustic Research in the Ocean.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N 1, p. 72.

The general specification and requirements are given for the autonomous computer-measurement complex developed at the Oceanology Institute. The system is intended for the Ocean research including acoustic measurements. Experimental results and the future trends of microprocessor-based systems are being discussed with the goal of increasing their speed and diminishing power consumption.

UDC 621.325.4

Torgov Yu I. **Programmable Timer KR580VI53 and its Application.** — Microprocessor Devices and Systems, N 1, p. 77.

The functional structure and standard application of the programmable timer has been considered in the article. Examples are given for the device application in different types of signal transformation including the optimal controller for automobile engine operation.

UDC 681.322—181.4

Ignatjev M. B., Chernyshov Yu A. **Application of Microprocessors and Microcomputers.** — Microprocessor Devices and Systems, 1984, N1, p. 85.

The overview of the reports presented at the 3d International Symposium of COMEA countries reflects a wide spectrum of microprocessor and microcomputer application. The architectural features of popular microprocessors are being summarized including 32-bit systems.

АФОРИЗМЫ ВЕКА НТР

(Из журнала «ЭКО», Новосибирск)

В 1977 году в Лос-Анджелесе вышла тоненькая книжка «Закон Мерфи». Автор — писатель Артур Блох. Пародируя с комической серьезностью формулировки некоторых научных изданий, автор собрал воедино своего рода научно-технический и управленческий фольклор, придав бродячим остроумам и шуткам литературную законченность и сгруппировав их в разделы.

В предисловии к своей книжке Артур Блох сообщает, что уже после выхода в свет первого издания он получил письмо из Южной Калифорнии, где некий Дж. Никольс сообщил, как родилось само выражение «Закон Мерфи», ставшее в Америке ходячей поговоркой. На базе военно-воздушных сил Эдвардса в Калифорнии в 1949 году исследовались причины аварии самолетов. Служивший на базе капитан Эд Мерфи, оценивая работу техников одной из лабораторий, мрачно утверждал, что если можно сделать что-то неправильно, то эти техники непременно так и сделают... Автор письма, работавший тогда руководителем проекта от компании «Нортроп», назвал эти постоянные неполадки «Законом Мерфи». На одной из пресс-конференций проводивший ее полковник ВВС заявил, что все достигнутое по обеспечению безопасности полетов является результатом преодоления «Закона Мерфи». Так выражение попало в прессу. В последующие несколько месяцев этот «закон» стал широко использоваться в промышленной рекламе и вошел в жизнь. Ныне в популярном толковом словаре Фанка и Вэгнолса можно прочитать: «Закон Мерфи» (амер., неофиц.). Принцип, состоявший в том, что если какая-нибудь неприятность может случиться, она случается (происхождение неизвестно). В русском разговорном языке это явление получило название «закон бутерброда», «закон подлости» и т. д.

Вот об этом в своеобразной афористической форме, вспоминая, кстати, законы Паркинсона, принцип Питера и другие взлеты управленческой сатиры и юмора, и пишет Артур Блох.

Мерфология

**Закон Мерфи.** Если какая-нибудь неприятность может случиться, она случается.

Следствия.

1. Все не так легко, как кажется.
2. Всякая работа требует больше времени, чем вы думаете.

3. Из всех неисправностей произойдет именно та, ущерб от которой больше.
4. Если четыре причины возможных неисправностей заранее устранены, то всегда найдется пятая.
5. Как только вы принимаетесь за какую-нибудь работу, находится другая, которую надо сделать раньше.
6. Всякое решение технических проблем плодит новые проблемы.

**Первый закон Финэйгла.** Если эксперимент удался, что-то здесь не так...

**Третий закон Финэйгла.** В любом наборе исходных данных самая надежная величина, не требующая никакой проверки, является ошибочной.

Прикладная мерфология

**Закон Букера.** Даже маленькая практика стоит большой теории.

**Законы Клипштейна в приложении к машиностроению.**

1. Ваша заявка на патент непременно опоздает на неделю против аналогичной заявки, поданной другим.
2. Стабильность поставок всегда обратно пропорциональна напряженности календарного графика.
3. Всякий провод, нарезанный на куски, окажется слишком коротким.

**Законы Клипштейна в приложении к созданию опытных образцов и производству.**

1. Допустимые отклонения будут накапливаться однонаправленно, чтобы причинить максимум трудностей при сборке.
2. Если по схеме требуется  $n$  деталей, то на складе окажется  $n-1$ .
3. Двигатель закрутится не в том направлении.
4. Система обеспечения надежности выведет из строя другие системы.
5. Прибор, защищаемый быстродействующим плавким предохранителем, сумеет защитить этот предохранитель, перегрев первым.
6. Ошибка выявится только после завершения окончательной проверки прибора.
7. После того, как из защитного кожуха будет выкручен последний из 16 болтов, выяснится, что сняли не тот кожух.
8. После того, как кожух закрепили 16 удерживающими болтами, окажется, что внутри забыли положить прокладку.
9. После сборки установки на верстаке обнаружатся лишние детали.

**Третий закон Джонсона.** Потерянный вами номер журнала содержит именно ту статью, рассказ или отрывок романа, который вы срочно хотели бы прочитать.

Следствие.

У всех ваших друзей этого номера либо не было, либо он утерян, либо выброшен.

ЧИТАЙТЕ

СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

- Лабораторные пилот-системы управления биотехнологическими процессами на базе группы функционально связанных микроЭВМ
- Регулирующий микропроцессорный контроллер Ремиконт Р-100
- Микропроцессоры в системах программного управления металлорежущим оборудованием
- Структурные методы встроеного тестового и функционального диагностирования
- Принципы согласования системных интерфейсов микро и мини-ЭВМ

О ПОДПИСКЕ НА ЖУРНАЛ  
«МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ  
СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ»

На 1985 год подписка на журнал будет осуществляться через Центральное подписное агентство «Союзпечать», без ограничения; индекс журнала — 70588.

В текущем году тираж журнала будет распространяться только по заявкам от организаций и отдельных лиц. Для получения годового комплекта журнала необходимо в адрес редакции журнала направить гарантийное письмо, в котором следует указать расчетный счет и отделение Госбанка СССР — для организаций, и домашний адрес — для частных лиц.

Номера журналов будут доставляться подписчикам по мере выхода в свет.

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

Технический редактор Л. А. Горшкова  
Художник С. Н. Орлов

Сдано в набор 20.02.84

Подписано к печати 26.03.84 Т-03838

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

Высокая печать. Усл.-печ. 10,08 л.

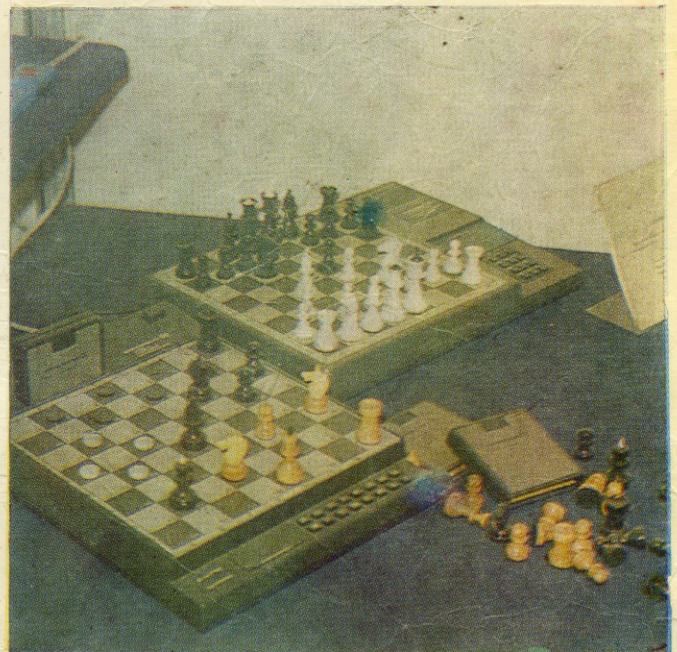
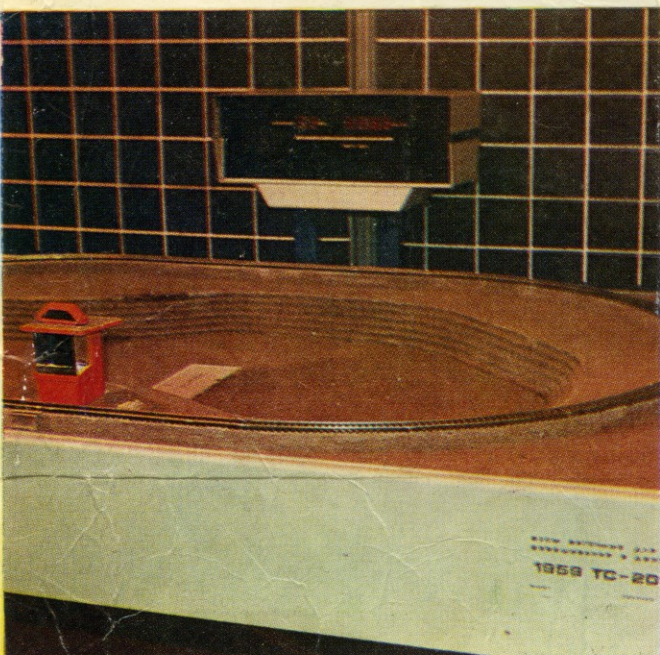
Уч.-изд. л. 15,28 Тираж 2 000 экз.

Заказ 713 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 при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.

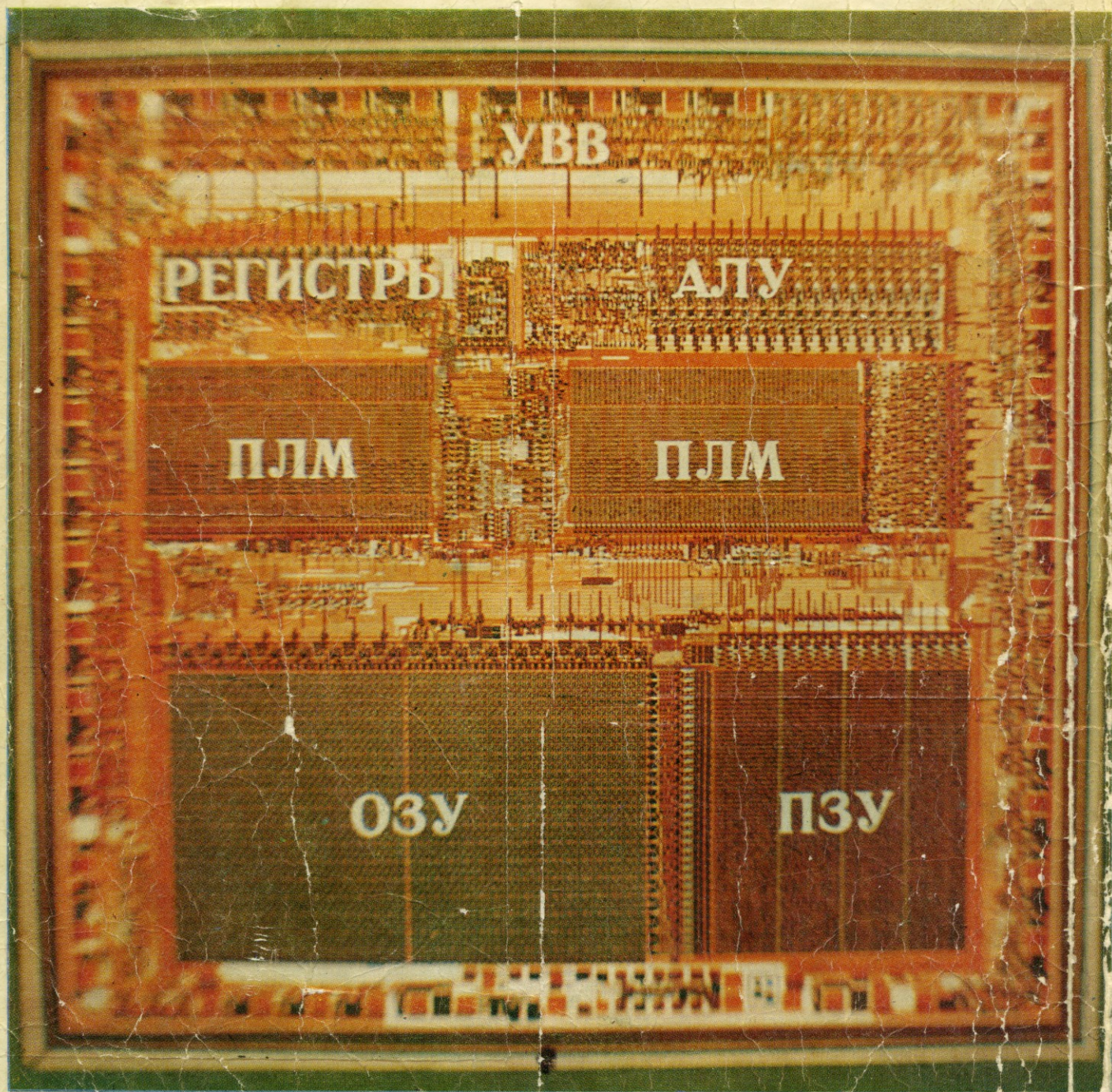


Кардиоанализатор статистический РКАС-01

Диагностический комплекс «Электроника Тонус НЦ-01»

Весы вагонные для взвешивания в движении (макет)

Шахматные «партнеры» «Интеллект-01» и «Интеллект-02»



ТОПОЛОГИЯ ОДНОКРИСТАЛЬНОЙ микроЭВМ:

УВВ — устройство ввода-вывода;  
АЛУ — арифметическо-логическое устройство;  
ПЛМ — программируемая логическая матрица;

ОЗУ — оперативное запоминающее устройство;  
ПЗУ — постоянное запоминающее устройство.