

Тогда после усреднения (7) по  $\nu$  получим, что

$$\overline{\varepsilon_{\mu, \tau, \nu}^2} = \frac{1}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} (1 - \operatorname{Re} \tilde{\psi}(2\pi n)) \sum_{-\infty}^{\infty} \left( \frac{\sin 0,5\theta \left( n\omega + \frac{2\pi k}{q} \right)}{0,5\theta \left( n\omega + \frac{2\pi k}{q} \right)} \right)^2. \quad (8)$$

Слагаемое (8) с  $k=0$  совпадает с (5). Остальные слагаемые определяют дополнительную ошибку из-за цифрового измерения временных интервалов сигнала.

На практике измерительный интервал  $\theta$ , как правило, формируется делением частоты следования счетных импульсов. Поэтому его можно считать кратным  $T$ , а квант  $q$  не кратен  $T$ , дисперсия ошибки

$$\overline{\varepsilon_{\mu, \tau, \nu}^2} = \frac{q^2}{6T^2}.$$

Если же интервал  $q$  кратен периоду  $T$ , то дисперсия ошибки равна удвоенной дисперсии измеряемой величины

$$\overline{\varepsilon_{\mu, \tau, \nu}^2} = \frac{1}{6}.$$

Соотношения, полученные выше, позволяют определить методическую погрешность фазометров с постоянным временем измерения.

*Поступила в редакцию 7 июля 1972 г.*

УДК 621.317+681.14

**В. И. ПИЩУЛИН**

*(Москва)*

### ПОСТРОЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ЭВМ БЭСМ-4

Увеличение объема измерительной информации при исследовании физических явлений, усложнение эксперимента требуют привлечения самых разнообразных средств и способов автоматизации измерительной аппаратуры и процесса обработки информации. Непосредственное включение ЦВМ в измерительные системы позволяет обрабатывать входную информацию в процессе ее накопления, оперативно менять программу в ходе эксперимента, сокращая при этом некоторые этапы исследований и концентрируя внимание на наиболее интересных и важных явлениях [1, 2].

Машина БЭСМ-4 имеет развитое математическое обеспечение, и применение ее для научных и технических расчетов весьма эффективно [3]. В последние годы в связи с возрастанием объема информации,

обрабатываемой в ходе эксперимента, повышением требований к точности получаемых результатов и недостатком специальных систем обработки данных все чаще приходится сталкиваться с необходимостью применения для этих целей БЭСМ-4.

Вычислительная часть БЭСМ-4 достаточно мощная, однако отсутствие канала связи и возможности организации приоритетного обслуживания значительно снижает эффект применения этой ЭВМ для обработки измерительной информации и делает невозможным непосредственный ввод данных в ходе эксперимента.

В настоящей статье описывается измерительно-вычислительная система на базе БЭСМ-4, оборудованной псевдоканалом. Анализ блок-схемы серийной ЭВМ БЭСМ-4 показывает, что обмен с внешними устройствами (ВУ) организован неэкономично. Все они могут работать только поочередно, и обмен с ними всегда занимает центральный процессор (ЦП). Скорость обмена определяется быстродействием медленных ВУ. Допускается совместная работа ЦП только с устройствами вывода на печать и перфорацию. Таким образом, при обмене значительную часть машинного времени ЦП простаивает, и производительность машины в целом для решения информационных задач оказывается значительно ниже, чем для численных.

В современных вычислительных системах (рис. 1) [4] обмен организовывается таким образом, чтобы свести к минимуму потери машинного времени путем максимального совмещения работы ЦП и ВУ. ЦП осуществляет только настройку обмена части оперативной памяти с каналом и переходит на выполнение других операций. Эта настройка осуществляется за время, определяемое быстродействием ЦП и сложностью операционной системы (ОС).

Такая вычислительная система при достаточной емкости оперативной памяти (ОП) допускает одновременное решение нескольких задач, т. е. работает в мультипрограммном режиме.

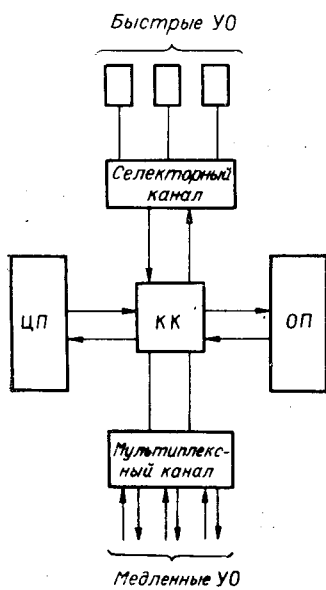


Рис. 1.

Архитектура БЭСМ-4 — машины второго поколения — не позволяет осуществить полностью совмещенный способ организации мультипрограммной работы. Проведенный нами анализ логической структуры БЭСМ-4 дал возможность найти компромиссное решение этой задачи — псевдосовмещенный способ организации мультипрограммной обработки данных. Сущность этого способа заключается в том, что ЦП в промежутке между приемом и выдачей информационного слова одной задачи может осуществлять обработку данных другой задачи.

На рис. 2 представлена блок-схема модернизированной БЭСМ-4, которая наглядно отображает этот способ. В канале ввода — вывода [устройстве обмена (УО)] имеется буферный сдвиговый регистр (РК), который принимает с коммутатора внешних устройств (КВУ) или выдает в него машинное слово и преобразует параллельный код в последовательно-параллельный, и наоборот. Этот процесс осуществляется совместно с работой ЦП. По заполнению (при приеме) или освобождении (выдаче) этого регистра происходит прерывание, и ЦП организует обмен информационным словом между РК и ОП. Скорость этого обмена определяется быстродействием ЦП и реакцией ОС. Некоторая избыточность электронных блоков, характерная для схем АУ и УУ БЭСМ-4,

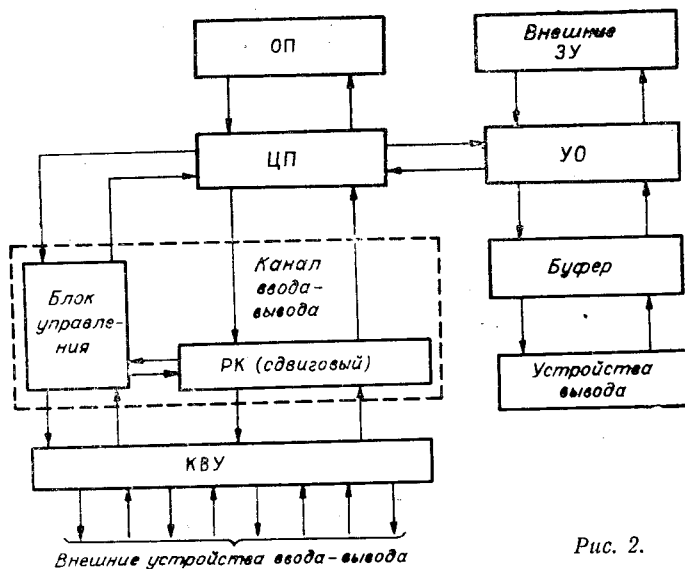


Рис. 2.

позволяет провести, как видно из рис. 2, указанные изменения почти без добавления новых элементов. Структура управления БЭСМ-4 такова, что организация обмена с каждым ВУ требует своей команды, а так как в БЭСМ-4 свободных кодов команд почти нет, то мы ограничены в подключении дополнительных ВУ, не говоря уже об излишних затратах оборудования для реализации команд, соответствующих набору ВУ. Поэтому для настройки канала и КВУ применен метод управляющих слов, который позволяет использовать одну универсальную канальную команду ( $\Pi 20 \alpha 5A_2A_3$ ) для обмена с широким набором ВУ ( $\Pi$  — признак модификации;  $\alpha$  — произвольное число).

В канальной команде по первому адресу помещается управляющее слово, которое несет информацию о выбранном ВУ, направлении обмена, длине символов обмена и их количестве в слове. В ячейках по второму адресу располагается выводимая информация. Принимаемая информация записывается по третьему адресу.

Введение канальной команды 20 с вызовом управляющего слова (вместо ограниченного условного 12-разрядного числа, как обычно), структура управляющего слова, возможности КВУ и логика выполнения канальной команды позволяют организовать прием и выдачу информации с 30 ВУ, совмещая обмен с обработкой данных в процессоре.

Применение БЭСМ-4 для обработки измерительной информации требует, кроме измерения в аппаратной части, расширения состава ее математического обеспечения (МО).

Рассмотрим организацию программ канала ввода — вывода БЭСМ-4 в ОС.

Любая подпрограмма может быть представлена в виде оператора, реализующего некоторое преобразование над входной информацией [5]. В нашем случае преобразование осуществляется над измерительной информацией, результат помещается в отведенное место в ОП, после чего происходит переход либо на ожидание приема следующей порции информации, либо, если позволяет темп поступления информации с внешнего объекта (ВО), переход к фоновой работе.

Таким образом, в функции вызывающей программы входит анализ возникающих ситуаций при поступлении с ВО запроса на обмен. Основное требование при этом — сведение к минимуму потерь времени

на анализ возникающей ситуации, который начинается с дешифрации номера объекта, пославшего запрос. Программный блок такого дешифратора будет иметь длину около 100 команд, и реакция системы на запрос слишком медленна, что значительно ограничивает область применения системы. Поэтому целесообразно введение в схемную структуру ЭВМ специальной команды передачи управления по номеру «старшей единицы» машинного слова, которая одновременно автоматически учитывает приоритет устройств, пославших запрос на обмен. Дешифрация причины прерывания словесно-числовых команд управления по номеру «старшей единицы» машинного слова (для пользователя и в программах стандартного МО команда (067) остается командой циклического сдвига). Структура новой команды:  $067 A_1 A_2 A_3$ .

По первому адресу в ОП находится машинное слово, в зависимости от положения «старшей единицы» которого осуществляется передача управления.  $A_2$  является индексом, сумма которого с номером «старшей единицы слова из ячейки по  $A_1$  определяет адрес ОП, куда передается управление.

С учетом изложенного структура организации программ канала ввода — вывода представляется следующей (рис. 3). В ОП, начиная с некоторой ячейки, отводится область последовательных ячеек памяти для ключей от программ измерительной информации. Ключи — команды передачи управления на начало работы соответствующей подпрограммы. С получением запроса команда передачи управления по номеру «старшей единицы» машинного слова определяет адрес ключа, который

передает управление на начало работы соответствующей подпрограммы.

Таким образом, время обработки запроса операционной системой удается значительно сократить.

В результате введенных небольших изменений универсальная вычислительная машина на БЭСМ-4, оснащенная каналом и специальными устройствами ввода и отражения измерительной информации, может быть использована в измерительно-вычислительных комплексах для обработки данных.

Наличие канала позволяет производить обработку информации в процессоре в ходе ее поступления.

Эффективность операционной системы, построенной с применением специальных команд, работающих в подчиненном режиме, возрастает.

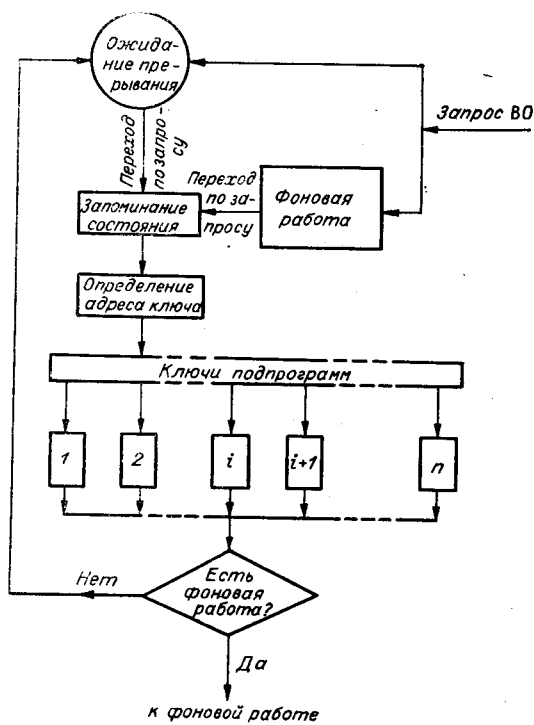


Рис. 3.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Соколов. Применение автоматических устройств в физическом эксперименте. М., Атомиздат, 1969.
2. Р. Р. Харченко. Коррекция динамических характеристик электронизмерительных приборов и преобразователей. М., Приборостроение, 1956, № 2.
3. В. Ф. Ляшенко. Программирование для цифровых вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220. М., «Советское радио», 1967.
4. Б. М. Каган, М. М. Каневский. Цифровые вычислительные машины и системы. М., «Энергия», 1970.
5. Ж. Бэртэн, М. Ригу, Ж. Ружие. Работа ЭВМ с разделением времени. Перевод с франц. М., «Наука», 1970.

Поступила в редакцию 5 июля 1972 г.

УДК 681.14

Ю. С. ШАРИН

(Свердловск)

### КОЛЬЦЕВЫЕ КОДИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА С ПОСТОЯННОЙ ДЛИНОЙ ПАЧЕК АКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ШКАЛЫ

Определение кольцевого кодирующего устройства (ККУ) дано в [1]. Однодорожечная кодовая шкала (ОШ) — слово длиной  $p$  и веса  $h$  из алфавита  $\{0, 1\}$ . Символ 1 слова соответствует элементарному активному участку, символ 0 — элементарному пассивному.

Определим пачку элементарных активных участков как совокупность единичных символов ОШ, расположенных в смежных разрядах (последний и первый символы считаются смежными), обозначим длину пачки активных участков  $g$ , число пачек  $H$ . В общем случае слово ОШ имеет пачки разной длины. Например, слово

110000111001000111

имеет  $H=3$ ,  $g_1=5$ ,  $g_2=3$ ,  $g_3=1$ .

В настоящей статье дана методика построения ККУ с постоянной длиной пачек активных участков шкалы или пачек  $g=\text{const}$ .

Пачки могут быть выражены в явном или неявном виде. В первом случае любые смежные пачки разделены пассивными участками, например шкала

111011101110000000

содержит пачки ( $H=3$ ,  $g=3=\text{const}$ ) в явном виде. Во втором случае несколько смежных пачек могут быть расположены без разрыва. Они образуют более крупные пачки, длина которых кратна  $g$ , например шкала

111111001110000000

содержит пачки ( $H=3$ ,  $g=3=\text{const}$ ) в неявном виде.

Необходимым условием слова ОШ с пачками  $g=\text{const}$  является

$$h=Hg. \quad (1)$$

Вначале определим число слов ОШ с пачками  $g=\text{const}$  в неявном виде при заданных  $p$ ,  $h$ ,  $H$ ,  $g$ . Задача может быть сформулирована следующим образом: разместить  $p$  объектов по  $H$  ячейкам при условии, что каждая из ячеек должна содержать не менее  $g$  объектов.