

Работоспособность машины сохранялась в режимах профконт-роля с отклонением уровней питающих напряжений от номиналь-ных значений (до $\pm 25\%$) для большинства напряжений в широком диапазоне температур (от 5 до 40°C)

В целом опыт эксплуатации ЭЦВМ "Аракс" и устройства ЭЛРУ-3 показал, что по своим техническим и эксплуатационным характеристикам они удовлетворяют требованиям производства к ИВС.

Литература

1. Белостоцкий А.А. и др. Применение вычислительных машин для автоматизации производственных процессов. М.-Л., "Энергия", 1964.

Статья поступила 15 мая 1966 г.

УДК 681.3.06

Г.Е. Овсепян, Г.А. Оганян

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО МИКРОПРОГРАММИРОВАНИЯ.

Рассматриваются основные отличительные черты вертикального и го-ризонтального микропрограммирования. Приводится понятие милликоман-ды и рассматриваются вопросы организации устройства управления с го-ризонтальным микропрограммированием.

В устройстве микропрограммного управления в большинстве случаев основой является ЗУ с произвольной выборкой, в котором в качестве чисел хранятся микрокоманды микропрограмм различ-ных операций. ЗУ с хранимыми микропрограммами можно назвать накопителем устройства управления (НКУУ). Постоянный характер хранимой в НКУУ информации позволяет использовать или одно-сторонние ЗУ, или ЗУ с неразрушающимся считыванием.

Рассмотрим особенности организации вертикального и горизон-тального микропрограммирования в УУ [1].

Последовательное выполнение микрокоманд, содержащих инфор-мацию о выполнении каждого машинного такта, — основная отличи-тельная черта вертикального микропрограммирования. Преиму-щества вертикального микропрограммирования заключаются в большой универсальности и гибкости УУ, а недостатки — в низкой плотности распределения информации в любой ячейке НКУУ, соот-ветственно большой емкости НКУУ и в ограниченном быстродейст-вии.

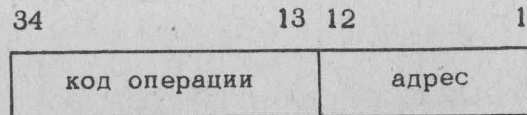
Примером практического применения метода вертикального ми-кропрограммирования может служить ЭЦВМ "Наири" [2].

Горизонтальное микропрограммирование заключается в выпол-нении операций за один или несколько циклов обращения к НКУУ.

В первых разработках ЭЦВМ с горизонтальным микропрограммированием НкУУ не применялся.

Рассмотрим один из вариантов построения таких УУ [3].

Анализ микропрограмм различных операций позволяет выделить множество Λ совокупностей элементарных операций. Каждый элемент множества однозначно определяет совокупность элементарных операций (элементарной операцией назовем управляющий сигнал, осуществляющий изменение состояния триггеров, регистров, устройств и т.д.), выполняемых в течение нескольких машинных тактов. Наличие определенного количества разрядов в коде операций для управления всеми элементами множества Λ позволяет организовать выполнение любой микропрограммы. Так, например, при разрядной сетке, равной 34, можно образовать следующий формат команд:



Различные комбинации кодов в разрядах кода операции позволяют не только реализовать имеющиеся в машине операции, но и образовывать новые сложные операции.

Недостатками такого метода представления горизонтального микропрограммирования являются:

- низкая плотность распределения информации в командах;
- сравнительно большой объем оборудования и сложность схем;
- жесткая структура совокупностей элементарных операций, так как изменение в последовательности элементарных операций в этой структуре требует изменения конструкции машины.

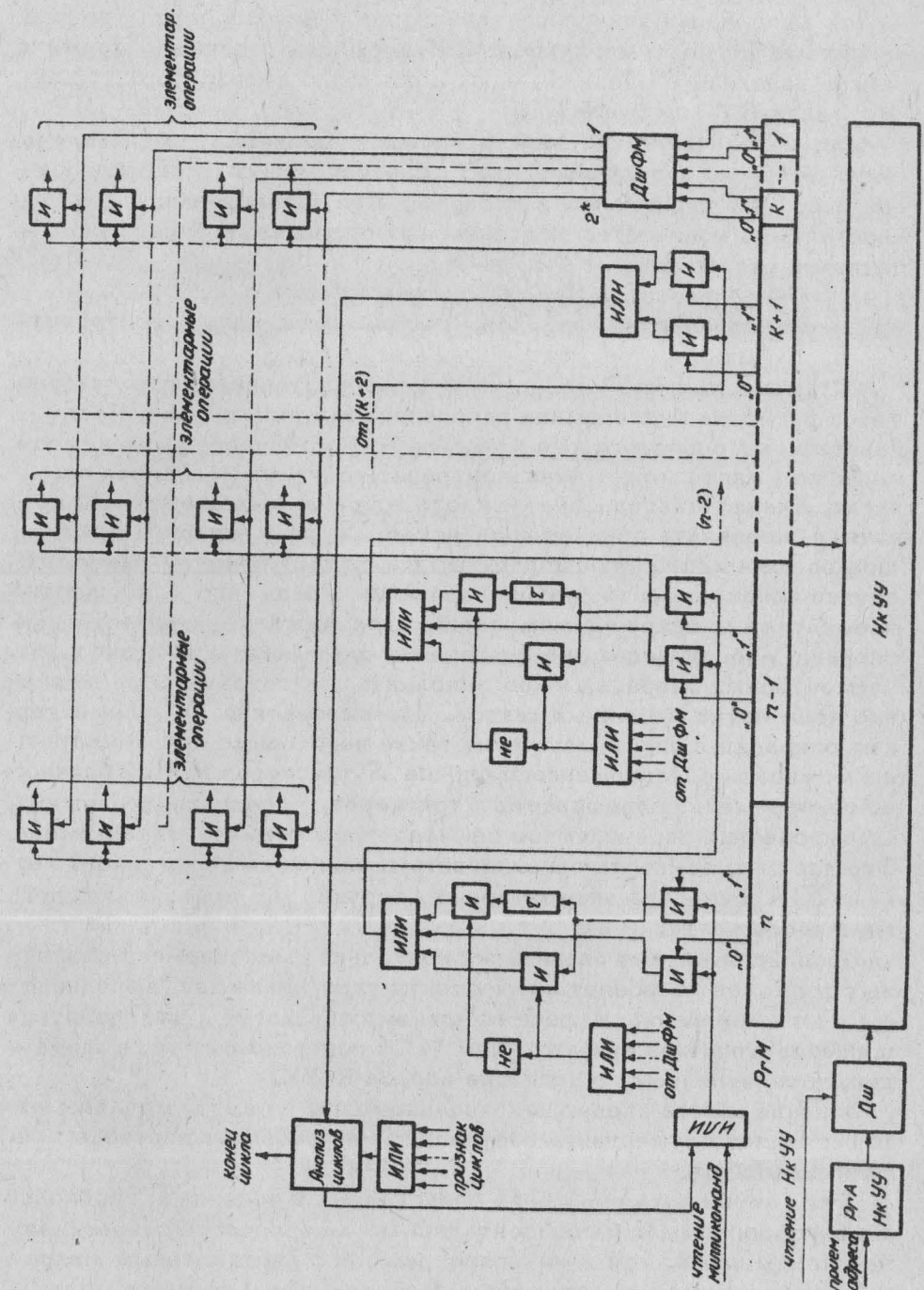
Использование накопителя с произвольной выборкой в качестве НкУУ при горизонтальном микропрограммировании позволяет устранить эти недостатки. Введение НкУУ не накладывает никаких ограничений на формат команд. Код операции является в этом случае адресом, по которому из НкУУ считывается информация о выполнении некоторого этапа данной операции. Требование высокой плотности распределения информации в НкУУ приводит к тому, что считанный в регистр числа НкУУ (РгЧ НкУУ) код необходимо опрашивать последовательно (см. рисунок).

Этот код представляет информацию о нескольких микрокомандах, которые при вертикальном микропрограммировании должны были занять определенное количество адресов НкУУ.

Код, считанный в РгЧ НкУУ при горизонтальном микропрограммировании, назовем милликомандой, а РгЧ НкУУ — регистром милликоманды (РгМ).

Структура милликоманды определяется, исходя из следующих требований:

- обеспечение функционирования необходимого количества элементарных операций в УУ;



выполнение разных этапов машинных операций (выборка команд, осуществление модификаций и т.д.) одной милликомандой; реализация безусловных и условных переходов в микропрограммах.

Для выполнения указанных требований целесообразно ввести различные форматы милликоманд. Информацию о данном формате можно задавать в милликомандах с помощью дешифратора форматов милликоманд (ДшФМ).

Для выполнения всех элементарных операций желательно иметь большую разрядность НКУУ, превосходящую разрядность обычных ЗУ с произвольной выборкой. При использовании ДшФМ необходимое количество элементарных операций N будет определяться равенством $N = 2^k(n-k)$,

где n — разрядность НКУУ;

k — количество разрядов, необходимых для построения ДшФМ.

Схемы задержек (τ) в цепи последовательного опроса триггеров регистра милликоманд определяют машинный такт. Последовательный опрос каждого триггера РгМ означает, что в каждом машинном такте может функционировать одна элементарная операция. Анализ микропрограмм часто встречающихся операций позволяет определить среднее количество S элементарных операций, одновременно функционирующих в одном машинном такте. В случае необходимости функционирования большего количества элементарных операций можно либо ввести новые элементарные операции, обеспечивающие одновременное выполнение нескольких элементарных операций, либо выполнить эту совокупность в течение нескольких машинных тактов. Для выполнения S элементарных операций в одном машинном такте необходимо предусмотреть возможность одновременного опроса S триггеров РгМ. Количество одновременно опрашиваемых триггеров, последовательность их выполнения определяются дешифратором формата милликоманд. Это дает возможность организовать выполнение переменного (от 1 до S) количества элементарных операций в течение каждого машинного такта.

Последовательная реализация нескольких милликоманд различных форматов позволяет осуществить управление над выполнением многих операций. Адреса милликоманд могут определяться последовательным прибавлением "1" к содержимому кода операции, установленному в регистре адреса НКУУ.

Задание адреса следующей милликоманды в самой милликоманде позволяет осуществить безусловные и условные переходы в микрокомандах.

Так как частота появления безусловных и условных переходов в микропрограммах с горизонтальным микропрограммированием намного меньше, чем в микропрограммах с вертикальным микропрограммированием, достаточно лишь при одном формате милликоманд предусмотреть задание в самой милликоманде адреса следующей милликоманды. С этой целью некоторое количество элементарных операций, определяемых данным форматом, образует

адрес следующей милликоманды. Хранение милликоманды в РгМ позволяет эффективно организовать выполнение циклов в циклических машинных операциях с помощью одного обращения к НКУУ (для считывания необходимой милликоманды). Действительно, если при окончании опроса данной милликоманды, пользуясь признаком окончания цикла, замкнуть цепь опроса милликоманд, то милликоманда будет повторяться до выработки признака окончания цикла.

Изменение содержимого РгМ специальными корректирующими элементарными операциями позволяет без считывания из НКУУ образовывать новые милликоманды. Эта особенность может найти применение в машинных операциях с несколькими, следующими друг за другом, циклами.

Одним из преимуществ горизонтального микропрограммирования является малый объем НКУУ. Для экономии оборудования целесообразно совмещать НКУУ с другим односторонним ЗУ с произвольной выборкой, используемым в ЭЦВМ. При этом возникает необходимость прерывания милликоманд при чтении чисел и команд из этого ЗУ.

Недостатками рассмотренной организации УУ являются:

Отсутствие произвольной очередности выполнения элементарных операций (частичное улучшение может быть достигнуто путем тщательного анализа логической структуры и связей в ЭЦВМ и соответствующего учета при составлении форматов милликоманд).

Потеря времени, зависящая от количества нулей в милликоманде, которая может быть уменьшена введением групповых переносов.

Л и т е р а т у р а

1. Бекман Ф.С., Брукс Ф.П., Лоулес В.Д. Труды института радиоинженеров (русский перевод), 1961, № 1, стр. 61-78.
2. Овсеян Г.Е., Эйлезян Х.К., Оганян Г.А. Вопросы радиоэлектроники. Сер. УП. Электронная вычислительная техника, 1966, вып. 7, стр. 3-9.
3. Универсальная цифровая машина "ИМС-10" (проспект). Варшавский политехнический институт. М., 1965.

Статья поступила 22 ноября 1966 г.