

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2119 / 2-80

12/5-80

P10 - 12980

Е.Ю.Губарев, О.И.Елизаров, Г.П.Жуков,
Г.Унэнбат

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОНТРОЛЛЕР
НАКОПИТЕЛЯ НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ
ТИПА ЕС 5012 В СТАНДАРТЕ КАМАК

1980

ВВЕДЕНИЕ

В работе дается описание контроллера накопителя на магнитной ленте типа ЕС-5012 в стандарте КАМАК на базе секционного микропроцессора, построенного на схемах большой степени интеграции 589 серии ^{1/2}. Блок работает с плотностью записи 32 байта на мм.

От разработанных ранее контроллеров накопителей на магнитной ленте в стандарте КАМАК для аналогичного НМЛ ^{2,3/} рассматриваемое устройство /КНМЛ/ отличается следующими особенностями:

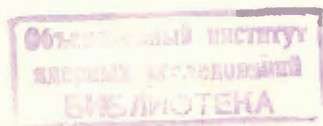
- может работать без использования канала прямого доступа к памяти;
- совместно с буферной памятью позволяет осуществлять непрерывный режим накопления данных с последующей записью их на магнитную ленту;
- содержит примерно в 2 раза меньше микросхем, чем контроллеры, не использующие микропроцессорные секции /МПС/;
- имеет автономный режим, позволяющий провести контрольную проверку работоспособности НМЛ.

Микропроцессорный КНМЛ может работать с любым контроллером крейта в стандарте КАМАК.

Кроме того, использование микропрограммирования дает следующие дополнительные возможности:

- довольно легко изменять формат данных;
- с помощью перепрограммирования микропрограммной памяти изменять алгоритм выполнения той или иной операции;
- изменять скорость передачи данных от минимально возможной до практически реализуемой;
- осуществлять автоматическую проверку устройств с выдачей диагностики;
- выполнять построение более простых в обращении устройств;
- сокращать сроки разработки.

Использование микропроцессорных секций в контроллерах периферийных устройств позволяет освободить ЭВМ или автономные контроллеры крейта от выполнения ряда диспетчерско-контрольных функций, которые ранее были возложены на них, например, повторение команд ввода-вывода в случае, если первая попытка оказалась неудачной, заданное число раз.



ОПИСАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОНТРОЛЛЕРА НАКОПИТЕЛЯ НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ

Контроллер функционально подразделяется на два блока: собственно микропроцессорный контроллер накопителя на магнитной ленте /КНМЛ-МП/ и блок буферной памяти /КНМЛ-БП/, которые работают совместно. Рассмотрим работу этих устройств.

Микропроцессорный КНМЛ /рис. 1/ вырабатывает необходимые управляющие сигналы к НМЛ в зависимости от его статусного состояния, осуществляет связь с буферной памятью. КНМЛ-МП содержит микропроцессор, включающий в себя шесть 2-разрядных секций, блок микропрограммного управления /БМУ/, микропрограммную память /МПП/ с организацией 512x32-разрядных слов. Для взаимодействия микропроцессора с НМЛ и буферной памятью, а также с магистралью КАМАК на плате находятся также соответствующие интерфейсные блоки. Перечень инструкций микропроцессорной секции приводится в приложениях Б, В.

БМУ организует выполнение последовательности микроинструкций, записанных в микропрограммной памяти. БМУ имеет набор команд /см. приложение А/ безусловных и условных переходов. Кроме того, с помощью БМУ возможно выполнять декодирование команд, проверку внешних входов, а также осуществлять одноуровневое обращение к подпрограммам. БМУ имеет систему флагов, которые используются для организации условных переходов по признакам, вырабатываемым процессорной секцией. Загрузка адреса микрокоманды осуществляется по сигналу загрузки /ЗМ/. Декодирование команд управления НМЛ, поступающих с магистрали КАМАК, достигается подсоединением к входам К4÷К7 БМУ шин W1÷W4 и использованием сигнала ЗМ. Проверка состояний различных элементов контроллера и внешних цепей /например, появление байта данных с магнитной ленты, наличие цикла КАМАК, автономный режим и т.д./ выполняется путем прохождения младшего разряда 7-разрядного кода команды перехода, присутствующей в каждой микроинструкции, через мультиплексор. Мультиплексор управляется 3-разрядным кодом выбора входов, который выбирает или младший разряд команды перехода или один из семи внешних входных сигналов. Такой прием позволяет осуществить условный переход на ячейку микропрограммной памяти с четным или нечетным адресом. Обычно для этих целей используются команды JCC или JCR.

С помощью подсоединения четырех линий младших выходных разрядов адреса перехода МПП ко входам старших разрядов команды К0÷К3 БМУ выполняется одноуровневое обращение к подпрограммам. При использовании команды JRX во внутреннем регистре РК БМУ запоминается статусная информация, и после

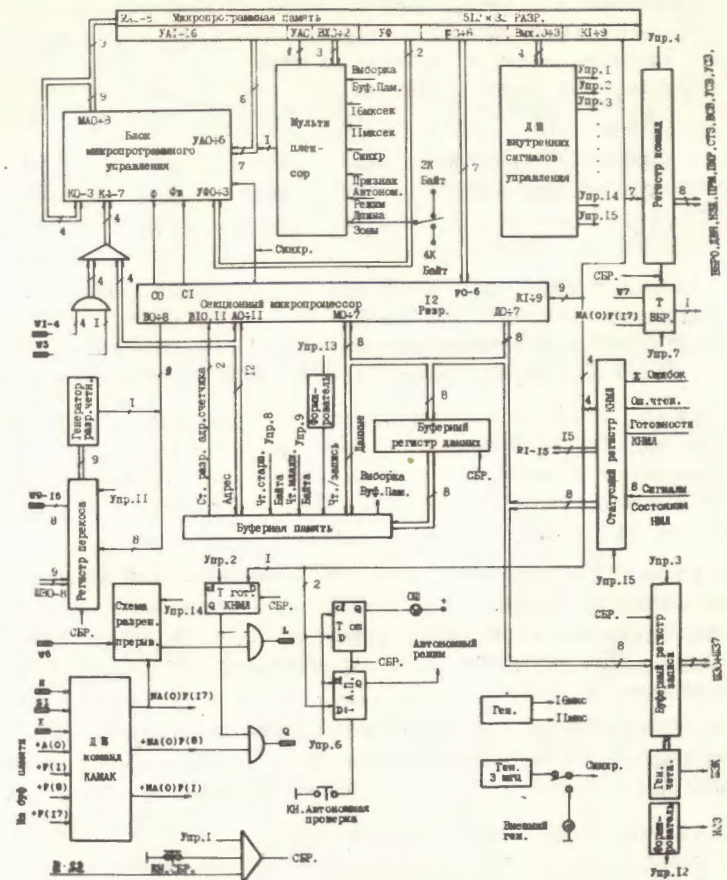


Рис. 1. Блок-схема микропроцессорного контроллера.

выполнения подпрограммы управление может быть передано /по команде JPR / обратно к месту вызова подпрограммы /см. приложение А/.

Микропроцессорные секции /МПС/ используются для вычисления циклической контрольной суммы /ЦКС/, продольной контрольной суммы /ПКС/, вычисления длины зон, определения маркера файла, маркера конца ленты, маркера начала ленты, выдачи адресной информации к БП, приема и выдачи данных к БП, подсчета количества пропускаемых вперед и обратно зон и др.

Статусный регистр КНМЛ сообщает о статусной информации НМЛ и контроллера НМЛ. Чтение содержимого статусного регистра производится по шинам R1÷R16 по команде NA(0)F(1).

Назначение и формат разрядов статусного слова следующие:

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
ОШ	ЦКС	ОПЧ	ОПрЧ	ОДЗ	МФ	КЛ	НЗЗ
R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
НЛ	СВ	СДВН	СДВ	РЕЖ.3	НГТО	ВГТО	ГОТ. КНМЛ

R1. Разряд "ОШИБКА" указывает на наличие ошибки в одном или нескольких разрядах R2÷R5; R7÷R9 статусного регистра. Состояние ошибки устанавливается после завершения текущей операции и до установки разряда R16 в разрешенное состояние.

R2. Разряд ЦКС устанавливается в единичное состояние, если при подсчете циклической контрольной суммы при выполнении операции чтения или записи возникла ошибка. Сравнивается ЦКС, записанная по команде "Запись зоны", с ЦКС, вырабатываемой по команде "Чтение зоны".

R3. Разряд "Ошибка в поперечной четности" /ОПЧ/ устанавливается в единичное состояние, если была ошибка хотя бы в одной строке зоны при операциях "Чтение зоны" или "Запись зоны". ОПЧ возникает, когда обнаруживается четное количество единиц в строке.

R4. Разряд "Ошибка в продольной четности" /ОПрЧ/ устанавливается в единичное состояние, когда обнаруживается нечетное число единиц в продольной строке.

R5. Разряд "Ошибка в длине зоны" /ОДЗ/ устанавливается в единичное состояние одновременно с разрядом "Ошибка" при несовпадении количества байтов, читаемых с магнитной ленты, и содержимого счетчика байтов при выполнении команды "Чтение зоны".

R6. Разряд "Маркер файла" указывает, что лента достигла конца файла. Признак МФ обнаруживается при выполнении команд "Чтение зоны", "Пропуск зоны вперед", "Пропуск зоны назад".

R7. Разряд "Конец ленты" указывает на то, что обнаружен маркер "Конец ленты".

R8. Разряд "Нет защиты записи". Режим записи не устанавливается, если отсутствует сигнал НЗЗ.

R9. Разряд "Начало ленты" /НЛ/. Сигнал НЛ поступает в КНМЛ из выбранного НМЛ при обнаружении маркера НЛ во всех режимах, кроме режима разгрузки.

R10. Разряд "Состояние воспроизведения" указывает, что НМЛ находится в состоянии воспроизведения.

R11. Разряд "Состояние воспроизведения назад" /СДВН/ устанавливается в единичное состояние при движении МЛ назад. СДВН не возникает при операциях "Перемотка" /ПРМ/ и "Перемотка и разгрузка" /ПИР/. НМЛ находится в состоянии СДВН до тех пор, пока КНМЛ не выдаст сигнала "Установить состояние записи" /УСЗ/ или "Установить состояние воспроизведения" /УСВ/.

R12. Разряд "Состояние движения" находится в состоянии "1" до тех пор, пока НМЛ полностью не остановится.

R13. Работа КНМЛ в третьем режиме. Описание работы приводится ниже.

R14 и R15. Разряды "Выбран и готов" и "Не готов" информируют о состоянии НМЛ^{14/}.

R16. Разряд "Готовность КНМЛ" устанавливается в единичное состояние, когда КНМЛ готов к приему следующей команды. Установ в "1" осуществляется по сигналу Z или по внутренней команде. Состояние этого разряда /по наличию сигнала на шине G / проверяется по команде NA(0)F(8). Сброс разрядов R1÷R6 производится при включении питания, по сигналу Z или при выдаче очередной команды.

Командный регистр КНМЛ. Запись информации в этот регистр производится по команде NA(0)F(17).

Формат командного регистра

W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
код команды			запуск		Р.П.	ВБР	0 -
W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16
n зон или				n байтов			

W1÷W4. Код команды служит начальным адресом подпрограммы, которая служит для генерации сигналов управления НМЛ.

Код 8-ричный	Двоичное изображение				Команда
	W4	W3	W2	W1	
1	0	0	0	1	Запись зоны
2	0	0	1	0	Чтение зоны
3	0	0	1	1	Запись маркера файла
4	0	1	0	0	Стирание расширенного промежутка
5	0	1	0	1	Пропуск вперед на n зон
6	0	1	1	0	Пропуск назад на n зон
7	0	1	1	1	Перемотка
10	1	0	0	0	Перемотка с разгрузкой

W5. Когда разряд "Запуск" устанавливается в единичное состояние, то происходит выполнение одной из команд. Сигнал действует на время выдачи команды NA(0)F(17).

W6. Разряд "Разрешение прерывания" /РП/ дает возможность работать КНМЛ по сигналу LAM, который возникает, если разряд R16 статусного регистра находится в единичном состоянии. Сброс РП происходит по сигналу Z или по внутренней команде.

W7. Разряд "Выбор НМЛ0" возбуждает сигнал на линии ВБР-0, осуществляя тем самым логическое подключение выбранного НМЛ. Сброс ВБР-0 выполняется по сигналу Z или внутренней команде.

W8. Свободный разряд

W9÷W16. При выполнении команд "Пропуск зоны вперед" или "Пропуск зоны назад" разряды W9÷W16 определяют количество зон, которые надо пропустить в прямом или обратном направлениях. Диапазон изменения количества зон от 0 до 255.

При выполнении команды "Запись зоны" разряды W9÷W16 определяют количество байтов в зоне в диапазоне от 32 до 4096 байтов /с шагом 32 байта/.

Микропрограммная память /МПП/ построена на 16 биполярных программируемых микросхемах памяти типа 556PE4 с общей емкостью 512 32-разрядных слов. /Для работы КНМЛ

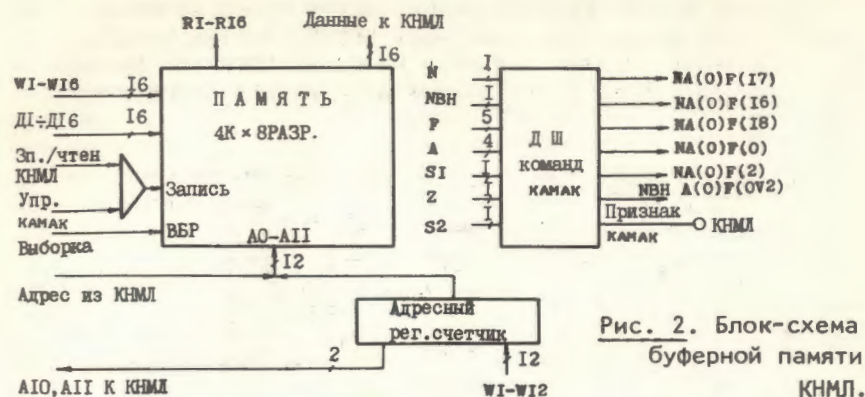


Рис. 2. Блок-схема буферной памяти КНМЛ.

требуется 496 слов/. Каждое слово делится на следующие управляющие поля:

- поле управления регистром адреса микрокоманды - 7 разрядов;
- поле управления флагами - 2 разряда;
- поле кода микрокоманды - 7 разрядов;
- поле выбора входа - 3 разряда;
- поле выбора выхода - 4 разряда;
- поле маскирования - 9 разрядов.

Блок буферной памяти /КНМЛ-БП/ выполнен на отдельной плате /рис. 2/ и включает дешифратор команд КАМАК, 12-разрядный адресный счетчик, 16-разрядный регистр числа и память с организацией 4K x 8 разрядов. КНМЛ-БП имеет 3 режима работы:

В первом режиме блок работает под управлением команд КАМАК, приведенных в таблице.

Таблица

Команда	Назначение	Q
NA(0)F(0)	Чтение 16-разрядного числа из КНМЛ-БП	1
NA(0)F(1)	Чтение 16-разрядного числа из КНМЛ-БП с установкой +1 в адресный счетчик	1
NA(0)F(16)	Запись 16-разрядного числа в КНМЛ-БП	1
NA(0)F(17)	Запись начального адреса в адресный счетчик	1
NA(0)F(18)	Запись 16-разрядного числа в КНМЛ-БП с установкой +1 в адресный счетчик	1

Во втором режиме КНМЛ-БП осуществляет обмен данными с КНМЛ-МП без выхода на магистраль КАМАК. В этом случае все управляющие сигналы подаются из блока КНМЛ-БП. Временные диаграммы работы блока в этих двух режимах приведены на рис. 3.

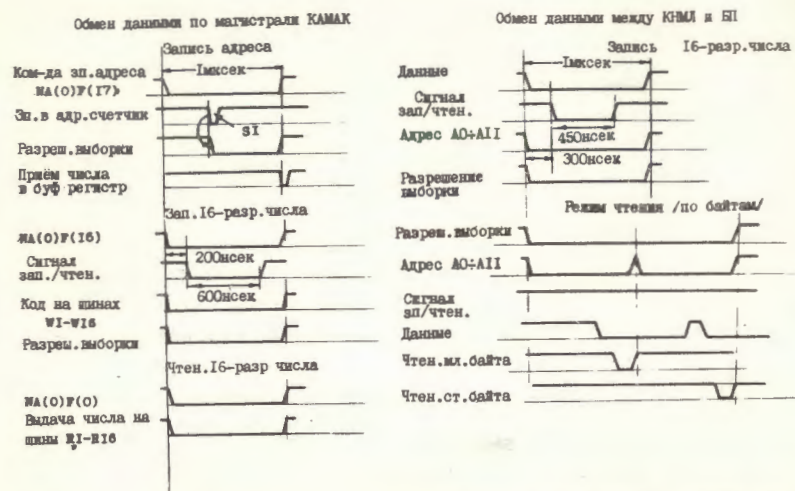


Рис. 3. Временная диаграмма работы с буферной памятью.

В третьем режиме происходит совместная работа с блоком в крейте, который служит источником информации, для записи ее без переработки на магнитную ленту. В этом случае память делится на две равные части по 2048 байтов, и по заполнению одной из частей информацией производится перепись ее на магнитную ленту, в то время как во вторую половину продолжается набор данных.

Для организации такого режима используются команды чтения $NA(0)F(0)$ или $NA(0)F(2)$, где N - номер станции, в которой расположен модуль, служащий источником информации. В случае возникновения ситуации одновременного обращения к буферной памяти как со стороны магистрали КАМАК, так и от КНМЛ-МП приоритет всегда отдается команде КАМАК. Разрешение и запрет третьего режима производится по командам $NA(0)F(26)$ и $NA(0)F(24) + Z \cdot S2$ соответственно.

Разработка и отладка микропрограммы. Алгоритмы команд управления НМЛ разрабатываются совместно с проектированием функциональной схемы микропроцессорного контроллера.

На этом этапе рассматриваются варианты аппаратного и программного решения различных узлов схемы и выбирается наиболее экономное решение. Окончательный вариант микропрограммы записывается в постоянную память с возможностью однократного программирования, поэтому перед записью необходимо произвести отладку микропрограммы. Для отладки микропрограммы разработан блок быстрой памяти /рис. 4/, в который с помощью контроллера крейта с микропроцессором /ККМП/ /5/ может производиться запись, чтение и корректировка микрокоманд. Для этой цели используется программа-монитор, находящаяся в памяти ККМП.

Автономный режим. На передней панели КНМЛ находится кнопка, с помощью которой инициируется автономный режим работы контроллера. Программа автономной проверки включает в себя формирование "пилы", запись ее в первую половину буферной памяти, перепись на магнитную ленту, пропуск назад, чтение данных с МЛ во вторую половину буферной памяти, проверку ПКС, ЦКС и поперечной четности байтов. В случае ошибки загорается лампочка ОШ на передней панели. Содержимое буферной памяти в этом случае служит материалом для диагностики.

Конструкция. КНМЛ выполнен в виде одного блока тройной ширины. На передней панели блока расположены лампочки для индикации статусной информации НМЛ; кнопка для запуска автономного режима, два разъема типа МК-50 для подсоединения внешнего генератора и синхронизации осциллографа. Связь с НМЛ осуществляется через 2 50-контактных разъема РП 15-50.

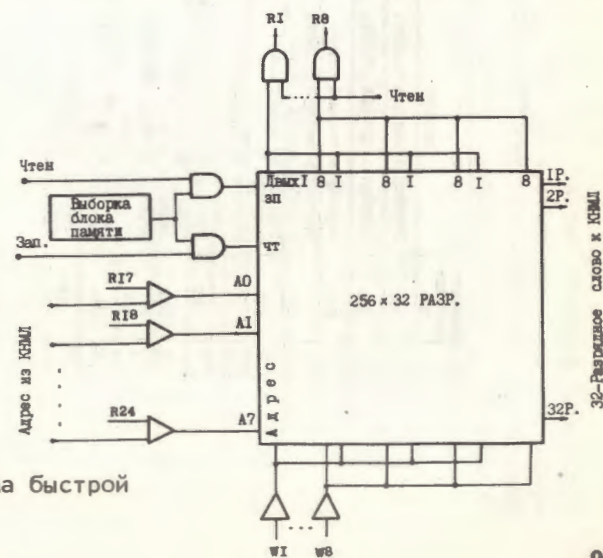


Рис. 4. Блок схема быстрой памяти.

Приложение А

Перечень команд блока микропрограммного управления

Мнемонич. обозначение	Описание	Функция								Адрес следующей строки				Адрес следующей колонки			
		УА6	УА5	УА4	УА3	УА2	УА1	УА0	МА8	МА7	МА6	МА5	МА4	МА3	МА2	МА1	МА0
I JCC	Переход в текущей колонке	0	0	У4	У3	У2	У1	У0	У4	У3	У2	У1	У0	М3	М2	М1	М0
2 JZR	Переход в нулевую строку	0	I	0	У3	У2	У1	У0	0	0	0	0	0	У3	У2	У1	У0
3 JCR	Переход в текущей строке	0	I	I	У3	У2	У1	У0	М8	М7	М6	М5	М4	У3	У2	У1	У0
4 JCB	Переход в текущей колонке в группе адресов строк	I	I	I	0	У2	У1	У0	М8	М7	У2	У1	У0	М3	М2	М1	М0
5 JFL	Переход по содержанию триггера Ф	I	0	0	У3	У2	У1	У0	М8	У3	У2	У1	У0	М3	0	I	Ф
6 JCF	Переход по содержанию триггера С	I	0	I	0	У2	У1	У0	М8	М7	У2	У1	У0	М3	0	I	С
7 JZF	Переход по содержанию триггера Z	I	0	I	I	У2	У1	У0	М8	М7	У2	У1	У0	М3	0	I	Z
8 JFR	Переход по содержанию регистра команд	I	I	0	0	У2	У1	У0	М8	М7	У2	У1	У0	PK3	PK2	PK1	PK0
9 JLL	Переход по левым разрядам регистра команд	I	I	0	I	У2	У1	У0	М8	М7	У2	У1	У0	0	I	PK3	PK2
10 JRL	Переход по правым разрядам регистра команд	I	I	I	I	У1	У0	У0	М8	М7	I	У1	У0	I	I	PK1	PK0
11 JRX	Переход по разрядам команды K4 + K7	I	I	I	I	0	У1	У0	М8	М7	М6	У1	У0	K7	K6	K5	K4

Перечень функций управления флагами

Мнем. обозначение	Описание	УФ1	УФ0
SCZ	Установить С и Z-флаги по Ф	0	0
STZ	Установить Z-флаг по Ф	0	I
STC	Установить С-флаг по Ф	I	0
HCZ	Хранить С и Z-флаги	I	I

Мнем. обозначение	Описание	УФ3	УФ2
FFO	Выдать на выход ФВ лог. "0"	0	0
FFC	Выдать на выход ФВ флаг С	0	I
FFZ	Выдать на выход ФВ флаг Z	I	0
FFI	Выдать на выход ФВ лог. "1"	I	I

Уi - данные на шине УАi; Ki - данные на i-й шине К; Ми - данные в i-м разряде регистра адреса микрокоманд; Ф, С, Z - содержимое триггеров Ф, С, Z соответственно; PKi - данные в i-м разряде регистра команд.

Приложение Б

Перечень инструкций МП-секции

F-группа	R-группа	Микроинструкция
0	1	Rn + (ACA K) + CI → Rn, AC
	2	M + (ACA K) + CI → AT C[IV [(BIA KI) ^ AT]] → ATO ^ (BOA KO) → СП0 ATI
	3	[ATO ^ (BOA KO)] v (ATI v (BIA KI)) → ATO
1	1	K v Rn → PA Rn + K + CI → Rn
	2	K v M → PA M + K + CI → AT
	3	(AT v K) + (AT ^ K) + CI → AT
2	1	(ACA K) - I + CI → Rn
	2	(ACA K) - I + CI → AT
	3	(BAK) - I + CI → AT
3	1	Rn + (ACA K) + CI → Rn
	2	M + (ACA K) + CI → AT
	3	AT + (BAK) + CI → AT
4	1	CI v (Rn ^ ACA K) → CO Rn ^ (ACA K) → Rn
	2	CI v (M ^ ACA K) → CO M ^ (ACA K) → AT
	3	CI v (ATA ^ BAK) → CO ATA ^ (BAK) → AT
5	1	CI v (Rn ^ K) → CO K ^ Rn → Rn
	2	CI v (M ^ K) → CO K ^ M → AT
	3	CI v (ATA ^ K) → CO K ^ AT → AT
6	1	CI v (ACA K) → CO Rn v (ACA K) → Rn
	2	CI v (ACA K) → CO M v (ACA K) → AT
	3	CI v (BAK) → CO AT v (BAK) → AT
7	1	CI v (Rn ^ AOA K) → CO Rn ⊗ (ACA K) → Rn
	2	CI v (M ^ AOA K) → CO M ⊗ (AOA K) → AT
	3	CI v (ATA ^ BAK) → CO AT ⊗ (BAK) → AT

Приложение В

Перечень инструкций МП-секции для случаев K=00 и K=11.

	МНЕМ	K = 00	K = 11	МНЕМ
Rn + CI → Rn, AC M + AC + CI → AT ATO → СП0 ATI → ATO СП1 → ATI	ILR	AC + Rn + CI → Rn, AC	ALR	ALR
	ACM	M + AC + CI → AT	AMA	AMA
	SCM	См. приложение Б		
	SRA	См. приложение Б		
Rn → PA Rn + CI → Rn M → PA M + CI → AT AT + CI → AT	LMI	II → PA Rn - I + CI → Rn	DSM	DSM
	LMM	II → PA M - I + CI → AT	LDM	LDM
	CIA	AT - I + CI → AT	DCA	DCA
CI - I → Rn CI - I → AT См. CSA	CSR	AC - I + CI → Rn	SDR	SDR
	CSA	AC - I + CI → AT	SDA	SDA
		B - I + CI → AT	LDI	LDI
Rn + CI → Rn См. ACM AT + CI → AT	INR	AC + Rn + CI → Rn	ADR	ADR
		См. AMA		
	INA	B + AT + CI → AT	AIA	AIA
CI → CO 0 → Rn CI → CO 0 → AT См. CLA	CLR	CI v (Rn ^ AC) → CO	ANR	ANR
	CLA	Rn ^ AC → Rn	ANM	ANM
		CI v (M ^ AC) → COM ^ AC → AT	ANI	ANI
См. CLR См. CLA См. CLA		CI v Rn → CO Rn → Rn	TZR	TZR
		CI v M → CO M → AT	LTM	LTM
		CI v AT → CO AT → AT	TZA	TZA
CI → CO Rn → Rn CI → CO M → AT См. NOP	NOP	CI v AC → CO Rn v AC → Rn	ORR	ORR
	LMP	CI v AC → CO M v AC → AT	ORM	ORM
	NOR	CI v B → CO B v AT → AT	ORI	ORI
См. NOP	CMR	CI v (Rn ^ AC) → CO	XNR	XNR
	LCM	Rn ⊗ AC → Rn	XPM	XPM
	CMA	CI v (M ^ AC) → CO M ⊗ AC → AT	XMI	XMI
		CI v (ATA ^ B) → CO B ⊗ AT → AT		

B, K, M - данные на B, K, M шинах соответственно; C1, СП1 - данные на входе шин переноса и сдвига вправо соответственно; CO, СП0 - данные на выходе переноса и выходе сдвига вправо соответственно; Rn - содержимое регистра r, включая T и AC; AC - содержимое аккумулятора; AT - содержимое AC или AT; PA - содержимое адресного регистра; 0, 1 - младший и старший разряды соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васенков А.А. Микропроцессоры. "Электронная промышленность", 1978, вып.5, с.7.
2. Будкин Л.В. и др. ОИЯИ, 10-8882, Дубна, 1975.
3. Будкин Л.В. и др. ОИЯИ, 11-11715, Дубна, 1978.
4. НМЛ, тип ЕС-5012 /НРБ/. Руководство по эксплуатации. София, 1974, т.1.
5. Елизаров О.И., Жуков Г.П., Ким Ен Нам. ОИЯИ, Д13-11182, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 декабря 1979 года.