



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

5307 / 2-80

3/41-80

P11-80-422

М.Беттге, Е.Ю.Губарев, О.И.Елизаров,
Г.П.Жуков, В.Е.Новожилов, О Хи Ен, Г.Уненбат,
А.С.Хрыкин

НАБОР БЛОКОВ В СТАНДАРТЕ КАМАК
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ

1980

Беттге М. и др.

P11-80-422

Набор блоков в стандарте КАМАК
для построения микропроцессорных автономных систем

Описываются блоки в стандарте КАМАК, разработанные в Лаборатории нейтронной физики с 1976 по 1980 гг. На базе этих блоков возможно построение автономных микропроцессорных установок, которые могут использоваться непосредственно на рабочем месте экспериментатора. Приводится описание также вспомогательных блоков, предназначенных для перепрограммирования микросхем памяти, наладки и поиска неисправностей в системах. Дается краткое описание программного обеспечения микропроцессорных систем.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Bethe M. et al.

P11-80-422

A Set of CAMAC Modules for Designing
Microprocessor Autonomous Systems

В Лаборатории нейтронной физики работы по созданию микропроцессорных блоков начались в 1976 году. За истекшее время были разработаны основные и вспомогательные блоки следующих типов /рис.1/.

1. Контроллер крейта на основе микропроцессора K580ИК80 (ККМП)7207-2.
2. Микропроцессорный контроллер накопителя на магнитной ленте типа ЕС 50-12 (МКНМЛ)7208.
3. Блок оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) емкостью 1 К байт 7229-1.
4. Блок ОЗУ емкостью 4 К байт 7229-2.
5. Блок ОЗУ емкостью 16 К байт 7229-3.
6. Блок перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства (ППЗУ) емкостью 4 К байт 7228-1.
7. Блок ППЗУ емкостью 8 К байт 7228-2.
8. Блок ППЗУ емкостью 4 К байт с использованием микросхем памяти типа 505РЕ4 7228-3.
9. Блок программирования 7228-4.
10. Блок программирования 7268.
11. Блок программирования 7269.
12. Логический анализатор 7267.

Перечисленные блоки разработаны для автономных систем, описанных в работах /3-5/, а с использованием блока МКНМЛ построена измерительная система многомерного анализа с накоплением физической информации на НМЛ типа ЕС 50-12.

1. Контроллер крейта на основе микропроцессора ККМП-7207-2 является модификацией блока, описанного в /1/, и состоит из двух плат:

плата № 25 включает микропроцессор (МП) K580ИК80, статусный регистр процессора (СРП), дешифратор номера станций КАМАК, дешифратор команд входа-выхода микропроцессора, таймер 16-разрядный, блок приема и распределения запросов (включая K589ИК14), генератор микропроцессора и программируемый синхронно-асинхронный приемопередатчик для канала последовательной связи K580ИК51/ППКПС/;

плата № 24 содержит регистр приема данных с шин КАМАК R1 ÷ 24, регистр записи данных на шины W1 ÷ 24, генератор числа КАМАК, регистр клавиатуры передней панели, статусный ре-

Прерывания. ККМП имеет восемь уровней прерывания, назначение которых следующее:

прерывание 0 - включение питания, сброс от кнопки на передней панели;

прерывание 1 - запрос от модулей КАМАК;

прерывание 2 - возникает тогда, когда при обращении к модулю КАМАК нет ответа по шине X, при этом разряд D3 СРК находится в состоянии "1" и разрешено прерывание МП по инструкции IE;

прерывание 3 - программный TRAP (по инструкции RST 3);

прерывание 4 - прерывание по запросу от K580ИК51, с помощью статусного регистра связи может быть определен источник прерывания;

прерывание 5 - прерывание от таймера;

прерывание 6 - по запросу от модулей КАМАК (LI ÷ 8);

прерывание 7 - прерывание от модулей КАМАК.

Сводная таблица прерываний

Прерывание	восьми-ричный код	десяти-ричный код	шестидесятиричный код	Источник прерывания
Наивысший приоритет	000	00	00	Кнопка "Сброс" Вкл. питания Внешний сброс
	010	08	08	Запрос от модулей КАМАК
	020	16	10	Отсутствие сигнала X
	030	24	18	RST 3
	040	32	20	Последовательный канал связи
	050	40	28	Таймер
	060	48	30	Запрос от модулей КАМАК
Низший приоритет	070	56	38	Запрос от модулей КАМАК Кнопки передней панели

Статусный регистр КАМАК (СРК). При обращении к СРК используются следующие команды:

OUT 11 - селективный установ СРК;

OUT 12 - селективный сброс СРК;

OUT 13 - запись в СРК;

OUT 14 - сброс СРК;

IN 14 - чтение содержимого СРК.

Формат СРК

D7	D6 ÷ 4	D3	D2	D1	D0
Отсутствие X	-	Разрешение прерывания от модулей КАМАК	I (запрет)	(запрет) X	Q

Операции селективной записи-чтения обеспечивают изменение содержимого выбранного разряда СРК только при наличии "1" в этом разряде.

Разряд D0 - устанавливается в состояние, соответствующее состоянию шины Q.

Разряд D1 - запрещает прерывание при отсутствии сигнала X. Разряд всегда сбрасывается по сигналу Z, что означает, что прерывание при отсутствии сигнала X разрешено.

Разряд D2 - устанавливается в "1" по сигналу Z. Внешний сигнал I имеет приоритет над запретом I от контроллера.

Разряд D3 - сбрасывается по сигналу Z, и запросы (LAM'S) от модулей КАМАК не вызывают прерывания процессора.

Разряд D7 - устанавливается в "1", если нет ответа X от модуля КАМАК, к которому было обращение.

Прерывания от модулей КАМАК осуществляются по 3 линиям: "прер.1", "прер.6", "прер.7". При наличии запроса от модуля КАМАК для входа микропроцессора в прерывание необходимо выполнить следующие условия: разряд D3 статусного регистра СРК установить в "1"; установить уровень приоритета по команде OUT OF (H); выполнить инструкцию МП "Разрешение прерывания".

22 LAM'S через схему "ИЛИ" объединяются и вызывают прерывание по линии "Прер.7". Распределение прерываний может быть прочитано с помощью следующих команд:

IN 0B - чтение, LAM 1 ÷ 8,

IN 0C - чтение, LAM 9 ÷ 16,

IN 0D - чтение, LAM 17 ÷ 22.

С помощью коммутационного поля один или несколько запросов от первых восьми модулей КАМАК подсоединяются к "Прер.6".

Выполнение команд КАМАК. Команда КАМАК генерируется с помощью инструкций микропроцессора STA, MOV, MVI. Для формирования адреса номера станции (N) и подадреса (A) отводится область старших адресов памяти.

Формат адреса

A15 A14 A13 A12 A11 A10 A9 A8 A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0

I I I I I I I N N N N N A A A A

Например: №1 A0 - 177 020 ; №20 A15 - 177 517 .

Код функции КАМАК предварительно заносится в аккумулятор МП и выдается одновременно с адресом номера станции и подадресом А. Если выполняется функция записи, то предварительно необходимо занести 24-разрядную информацию в выходной регистр записи с помощью следующих команд:

OUT 08 - запись байта в 1 ÷ 8 разряды выходного регистра данных КАМАК;

OUT 09 - запись байта в 9 ÷ 16 разряды выходного регистра данных КАМАК;

OUT 0A - запись байта в 17 ÷ 24 разряды выходного регистра данных КАМАК.

После выполнения функции чтения (FO ÷ 7) содержимое входного регистра КАМАК читается по командам:

IN 08 - чтение содержимого 1 ÷ 8 разрядов входного регистра;

IN 09 - чтение содержимого 9 ÷ 16 разрядов входного регистра;

IN 0A - чтение содержимого 17 ÷ 24 разрядов входного регистра.

Выдача сигналов Z и C производится при выдаче следующих адресов:

восьме- ричный код	шестнадцате- ричный код
--------------------------	-------------------------------

Z = NO A0 = 177 000 = FE 00

C = NO A1 = 177 001 = FE 01

Работа с таймером. Контроллер содержит внутренний 16-разрядный таймер. Управление работой счетного входа таймера производится значением разряда D7 регистра СРП: при занесении "1" в этот разряд разрешается работа счетного входа. С помощью

коммутационного поля производится подключение или внешнего генератора через коаксиальный разъем, расположенный на передней панели, или выхода счетчика, служащего делителем частоты для K580IK51. Предварительное занесение уставок в таймер производится с помощью следующих команд:

OUT 02 - запись младшего байта таймера;

OUT 07 - запись старшего байта таймера.

При переполнении таймера запрос на прерывание поступает по линии "Прер.5" к устройству прерывания. Сброс запроса от таймера производится одновременно с обслуживанием прерывания МП.

Конструкция ККМП. Блок занимает две станции крейта. На задней панели расположены разъем для связи с блоком канала прямого доступа и разъем для связи ККМП с внешними устройствами по последовательному каналу. На передней панели расположены: переключатель номера программы; кнопка запуска номера программы; кнопка общего сброса; кнопки "СТОП", "Z" и "ЦИКЛ"; тумблер для переключения ККМП для работы в циклическом режиме; индикационные лампочки для указания состояния микропроцессора; коаксиальные разъемы: "Внешний сброс", "Внешний запрет I", "Внешний запрос".

Блок содержит 129 микросхем малой, средней и большой степени интеграции и 6 транзисторов и полностью выполнен на отечественных элементах.

Микропроцессорный контроллер накопителя на магнитной ленте типа ЕС 50-12 (МКНМЛ) 7208 подробно описан в работе [27]. МКНМЛ построен на схемах большой степени интеграции 589 серии, работает с плотностью записи 32 байта на мм. Запись информации на магнитную ленту производится в формате ЕС ЭВМ. Обмен данными может производиться без канала прямого доступа к памяти при использовании встроенной в блок буферной памяти. Блок занимает три станции крейта КАМАК и содержит 175 микросхем. Питание: +6 В, ток - 4,8 А.

Блоки оперативных запоминающих устройств (ОЗУ)

Блок ОЗУ 7229-1 предназначен для работы с ККМП, емкость - 1 К байт. Блок содержит 32 микросхемы памяти статического типа K505PУ4. Время записи-чтения - 1 мкс. На плате блока

имеется коммутационное поле для изменения области адресов, в которой работает блок. На передней панели блока единичной

Список внутренних команд входа-выхода

Шестнадцатеричный код	Команда входа (IN)	Шестнадцатеричный код	Команда выхода (OUT)
00	Чтение статусного регистра процессора	00	Запись в статусный регистр процессора (СРП)
01	Своб.	01	Сброс СРП
02	— " —	02	Запись мл. байта таймера
03	— " —	03	Сброс ППКПС
04	Чтение буферного регистра ППКПС	04	Запись в буферный регистр ППКПС
14	Чтение статусного регистра ППКПС	14	Запись в статусный регистр ППКПС
05	Чтение переключателя номера программы	05	Сброс регистра пульта управления
06	Своб.	06	Установка режима ожидания
07	— " —	07	Запись старш. байта таймера
08	Чтение содержимого вход. регистра данных КАМАК 1 ÷ 8 р.	08	Запись в выходной регистр данных КАМАК 1 ÷ 8 р.
09	— " — 9 ÷ 16 р.	09	— " — 9 ÷ 16 р.

0A	— " — 17 ÷ 24 р.	0A	— " — 17 ÷ 24 р.
0B	Чтение распределения запросов	0B	Селективный установ СРК
0C	— " —	0C	Селективный сброс СРК
0E	Чтение статусного регистра КАМАК	0E	Сброс СРК
0F	Своб.	0F	Установ уровня приоритета

ширины расположен коаксиальный разъем для подачи -12 В. Блок содержит 49 микросхем. Питание блока: +6 В, ток -0,4 А; -12 В, ток -500 мА.

Блок ОЗУ 7229-2 емкостью 4 К байт предназначен для работы с ККМП. Он содержит 32 микросхемы памяти статического типа К565РУ2, емкость каждой из которых составляет 1 К бит, с организацией матрицы 1024 x 1 бит. Блок-схема аналогична блок-схеме вышеописанного блока памяти. Блок занимает одну станцию в крейте и содержит 46 микросхем. Питание: +6 В, ток -1,5 А.

Блок ОЗУ 7229-3 емкостью 16 К байт предназначен для работы с ККМП. Содержит 32 микросхемы памяти динамического типа К565РУ1А. Блок занимает одну станцию в крейте и содержит 48 микросхем. Питание: +6 В, ток -0,5 А; +12 В, ток -120 мА.

Блоки перепрограммируемых постоянных запоминающих устройств (ППЗУ)

Блок ППЗУ 7228-1 емкостью 4 К байт предназначен для работы с ККМП. Блок содержит 16 микросхем памяти типа Intel 1702 А, емкость каждой из которых составляет 2048 бит, с организацией матрицы 256 x 8 бит. Стирание памяти производится ультрафиолетовым потоком света с длиной волны 2537 Å. Перепрограммирование осуществляется электрическими импульсами записи, подаваемыми на выходы чтения минимум 32 раза по каждому адресу. Время программирования одного байта составляет ~ 400 мс. Блок занимает одну станцию в крейте и содержит 27 микросхем. Питание: +6 В, ток -0,2 А; -24 В, ток -0,5 А.

Блок ППЗУ 7228-2 имеет емкость 8 К байт. Используются микросхемы типа Intel 8708. Питание: +6 В, ток -0,2 А; -24 В, ток -0,25 А. Блок содержит 23 микросхемы.

Блок ППЗУ 7228-3 емкостью 4 К байт использует микросхемы памяти типа K505PE4Б, которые представляют собой полупостоянные запоминающие устройства с электрической перезаписью и стиранием информации на основе МНОП-транзисторов. Блок вмещает 32 микросхемы памяти, каждая емкостью 1 К бит, с организацией матрицы 512 x 2 разряда. Перепрограммирование накопителя осуществляется электрическими импульсами перезаписи, подаваемыми на программирующие входы из второго модуля 7228-4, являющегося программатором первого. Блоки обеспечивают работу в трех режимах: чтение, запись и стирание информации. Переключение режимов производится по командам NA(0,1,2)F(24) и NA(0,1,2)F(26), причем после включения питания блоки устанавливаются в режим чтения. Питание блока 7228-3: +6 В, ток -0,4 А; 24 В, ток -0,3 А; -6 В, ток -0,1 А. Питание блока 7228-4: +6 В, ток -0,3 А; -24 В, ток -0,3 А; 48 В, ток -0,1 А. Блок 7228-3 содержит 48 микросхем, блок 7228-4 - 22 микросхемы и 13 транзисторов.

Программатор микросхем памяти типа K556PE4

Биполярные микросхемы памяти программируются однократно путем расплавления нихромовых перемычек. Так как плотность запоминающих элементов довольно высока, то при подаче однократного импульса для пережигания нихромовых перемычек может возникнуть эффект "разбрызгивания", при котором могут быть испорчены соседние запоминающие участки памяти. Поэтому в устройство введен генератор, который вырабатывает серию импульсов, начиная с ширины импульса в 1 мкс и кончая 8 мкс в течение 150 мс и общей длительностью в 450 мс. Блок работает в 2 режимах: в режиме ручной записи с помощью кнопочных переключателей для набора адресной информации и данных и в режиме программирования по командам КАМАК. Питание блока: +6 В, ток -0,1 А; +24 В, ток -0,1 А. Блок содержит 14 микросхем и 8 транзисторов.

Программатор микросхем памяти 7268

Блок предназначен для программирования микросхем памяти типа Intel 8708 и работает совместно с микропроцессорным контроллером 7207-2. Для записи и чтения используется область адресов памяти 5400 Н ÷ 57 FFH и 5800 Н ÷ 58 FFH соответственно. Задание начального и конечного адресов ячеек памяти, содержащей информацию, которая подлежит пересылке в программируемую память, производится по программе. Блок занимает две станции крейта КАМАК и содержит 16 микросхем и 4 транзистора. Питание: +6 В, ток -160 мА; +27 В, ток -20 мА.

Логический анализатор 7267

Это устройство, реализующее один из наиболее мощных методов отыскания неисправностей системы, которые не могут быть легко обнаружены другими способами. Он особенно эффективен при отыскании ошибок в реальном масштабе времени, вызываемых периферией и прерываниями. Так как разработанный логический анализатор не имеет своего алфавитно-цифрового дисплея и устройства для преобразования данных к соответствующему формату, то он используется совместно с ККМП 7207-2. Логический анализатор подобен осциллографу, но с той лишь существенной разницей, что он может показывать события, которые случились перед остановом. Для работы с логическим анализатором изготовлены три вида пробников: а/ для соединения с системной шиной микропроцессора непосредственно на плате ККМП; б/ для снятия адресной информации и данных в месте соединения ККМП и блоков памяти; в/ для подсоединения к магистрали КАМАК. Блок занимает три станции крейта КАМАК и содержит 107 микросхем. Питание блока: +6 В, ток -1,2 А.

Средства программирования автономных микропроцессорных систем

Задачи, решаемые автономными микропроцессорными системами, требуют порой создания довольно сложного программного обеспечения (ПО). Очевидно, что без наличия развитых средств программирования и отладки программ эффективность создания ПО крайне низка. В ЛНФ ОИЯИ комплекс средств программирования и отладки ПО микропроцессорных систем реализован на мини-ЭВМ СМ-3. СМ-3 оснащена дисковой операционной системой RT-11^{6/}, которая имеет широкие возможности для разработки и совершенствования программ. Кроме этого, СМ-3 оборудована набором внешних устройств /диски, магнитофоны/, что позволяет применять эти устройства для хранения программ. Чтобы использовать RT-11 для разработки ПО микропроцессорных систем, в нее были включены две новые системные программы: кросс-ассемблер и симулятор. Кросс-ассемблер (INTEMC.MAC)^{47/} предназначен для трансляции программы с исходного языка микропроцессора в объектную программу. Трансляция выполняется с помощью макроассемблера RT-11 MACRO-11. Для этого в качестве входных файлов MACRO-11 необходимо указать файл INTEMC.MAC. и файл программы, которую требуется странслировать. Выходным файлом MACRO-11 будет объектная программа. Симулятор (SIMUL.SAV.) предназначен для отладки микропроцессорных программ на ЭВМ СМ-3. Эта программа дает возможность имитировать на СМ-3 все инструкции микропроцессора. В симуляторе специальным образом включен

отладчик программ операционной системы RT-11 ODT OBJ^{1/6}. Для отладки программы необходимо после передачи управления симулятору отдать ему специальный приказ о считывании программы в оперативную память CM-3. После этого можно производить отладку программы с помощью команд к отладчику RT-11^{1/6}. В дополнение к командам отладчика в симулятор введена возможность имитировать прерывания по любому из 8-ми уровней. Эта процедура выполняется с помощью специальных приказов к симулятору.

С включением в RT-11 указанных программ процедура приготовления перфоленты ПО для ввода в микропроцессорную систему сводится к следующим шагам:

1. Редактирование программы на исходном языке с помощью редактора RT-11 EDIT.SAV.
2. Трансляция программы.
3. Линкирование объектной программы с помощью редактора связей LINK.SAV.
4. Отладка программы, полученной после линкирования с помощью симулятора.
5. Получение перфоленты с отлаженной программой. Эта операция выполняется с помощью программы PIP.SAV. Если же в результате отладки будет обнаружена ошибка, то процедуру разработки программы следует продолжить начиная с пункта 1. Нужно отметить, что в процессе создания программы для загрузки в микропроцессорную систему все промежуточные программы /исходная и объектная программы/ хранятся на диске или магнитной ленте. Это приносит значительные удобства, так как избавляет от работы с перфолентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елизаров О.И., Жуков Г.П., Ким Ен Нам. Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-11182, Дубна, 1978.
2. Губарев Е.Ю. и др. ОИЯИ, P10-12980, Дубна, 1980.
3. Елизаров О.И., Жуков Г.П., Таран Ю.В. ОИЯИ, 10-11736, Дубна, 1978.
4. Елизаров О.И. и др. ОИЯИ, 10-12764, Дубна, 1979.
5. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 11-12423, Дубна, 1979.
6. RT-11 Software Support Manual DEC-11-ORUGA-C-D.
7. Software Packages for MACAMAC. Doc.603.3.004.1.77. Borer 4500 Solothurn 2, Switzerland, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 июня 1980 года.