

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

2561/83

16/5-83  
11-83-116

**П.А.Петев, И.Н.Чурин**

**МИКРО-ЭВМ ТИПА "ЭЛЕКТРОНИКА-60"  
В СТАНДАРТЕ КАМАК**

**1983**

## ВВЕДЕНИЕ

Микропроцессоры и микро-ЭВМ играют важную роль при решении задач автоматизации физического эксперимента. Внедрению микропроцессорной техники способствуют ее высокая надежность, низкая стоимость, малогабаритность, незначительная потребляемая мощность. На первом этапе в автономные системы управления, сбора и обработки данных были внедрены 8-разрядные микропроцессоры. Получили распространение системы на основе микропроцессоров "Интел-8080", "Моторола-6800" и их аналогов. Так как эти микропроцессоры имеют оригинальные наборы команд, то для их внедрения были характерны трудности, связанные с программным обеспечением. В первые годы задачи для таких микро-ЭВМ программировались только на ассемблере; лишь относительно недавно были разработаны компиляторы и интерпретаторы языков высокого уровня, операционные системы, программные средства для работы с файлами и межпроцессорной передачи данных.

Вследствие дальнейшего развития технологии БИС появились 16-разрядные микропроцессоры и микро-ЭВМ, имеющие современную архитектурную организацию. С целью снижения затрат на программное обеспечение в некоторых 16-разрядных микропроцессорах используется эмуляция набора команд хорошо зарекомендовавших себя мини-ЭВМ. В качестве примера можно привести мини-ЭВМ CM-3 или ЭВМ PDP-11/11 и микро-ЭВМ "Электроника-60"/2/ или LSI-11/3/. Такое решение позволяет широко использовать не только хорошо проверенные операционные системы и многочисленные программы, но также огромный опыт и знания программистов, накопленные при работе с ЭВМ CM-3, CM-4 и PDP-11.

В условиях ядерно-физической лаборатории целесообразно размещать микро-ЭВМ в блоке КАМАК с целью унификации конструктивных параметров аппаратуры и уменьшения ее габаритов. Одним из способов является механический и электрический монтаж изготовленных и налаженных в заводских условиях печатных плат микро-ЭВМ внутри блока КАМАК. Однако при этом полезная площадь печатной платы КАМАК, как правило, полностью не используется, что приводит к неоправданному расширению объема микро-ЭВМ. Способом, лишенным упомянутого недостатка, является разработка микро-ЭВМ на основе микропроцессорного комплекта БИС непосредственно на печатной плате КАМАК.

Функциональная схема микро-ЭВМ КМ 002 изображена на рис.1. Она аналогична функциональной схеме микро-ЭВМ "Электроника-60". Ее основой является микропроцессор, который состоит из 4 БИС серии К581, выполненных по п-МДП-технологии с кремниевыми затворами и предназначенных для построения микро-ЭВМ "Электроника-60". БИС К581ИК1 включает в себя набор общецелевых и внутренних регистров, арифметико-логическое устройство, узел обработки микрокоманд, а также буферные усилители. БИС К581ИК2 предназначена для формирования выходных управляющих сигналов микропроцессора, для организации ветвлений и прерываний микропрограммы в зависимости от входных управляющих сигналов, а также для формирования последовательности микрокоманд, извлекаемых из двух микропрограммных постоянных запоминающих устройств /МПЗУ/ К581РУ1 и К581РУ2. Все БИС микропроцессора объединяются 22-разрядной шиной микрокоманд.

Тактовый генератор с времязадающей RC-цепочкой генерирует четыре неперекрывающихся во времени серии импульсов Ф1, Ф2, Ф3 и Ф4, синхронизирующих работу всех узлов микро-ЭВМ. Работа генератора прекращается при отсутствии одного из напряжений питания, получаемых с магистрали крейта КАМАК. На БИС микропроцессора тактовые импульсы подаются через специальный буфер и имеют амплитуду 12 В и фронты не более 25 нс.

По линиям М ДА информация поступает на двунаправленный буфер данных и адреса, который формирует сигналы данных и адреса К ДА на шине микро-ЭВМ. Селектор адресов устройств ввода-вывода формирует сигнал К ВУ в случае выбора старших 4 К слов памяти.

Буфер внутреннего ввода позволяет ввести в микропроцессор один из четырех вариантов запуска микропрограммы при включении питания или при нажатии кнопки "Сброс":

- а/ пуск программы с адреса, находящегося в 24-й ячейке ОЗУ;
- б/ переход к микропрограмме связи с пультовым терминалом;
- в/ пуск программы, находящейся в СПЗУ по адресу 173000;
- г/ переход к резервной микропрограмме МПЗУ.

Варианты задаются переключателями 1 и 2. В блоке КМ 002 при наладке устанавливается вариант "в". Кроме того, буфер внутреннего ввода используется при обработке прерываний.

Дешифратор микрокоманд предназначен для расширения набора выходных сигналов микропроцессора, которые подаются с дешифратора в буфер внутреннего ввода, узел управления шиной и узел специальных управляющих сигналов.

Узел управления шиной указывает, что находится на мультиплексируемых линиях К ДА00÷15 - адрес или данные. Начало синхроимпульса активного устройства К СИА означает, что на линиях К ДА выставлен адрес. Начало сигнала "К вывод" отмечает, что на ли-

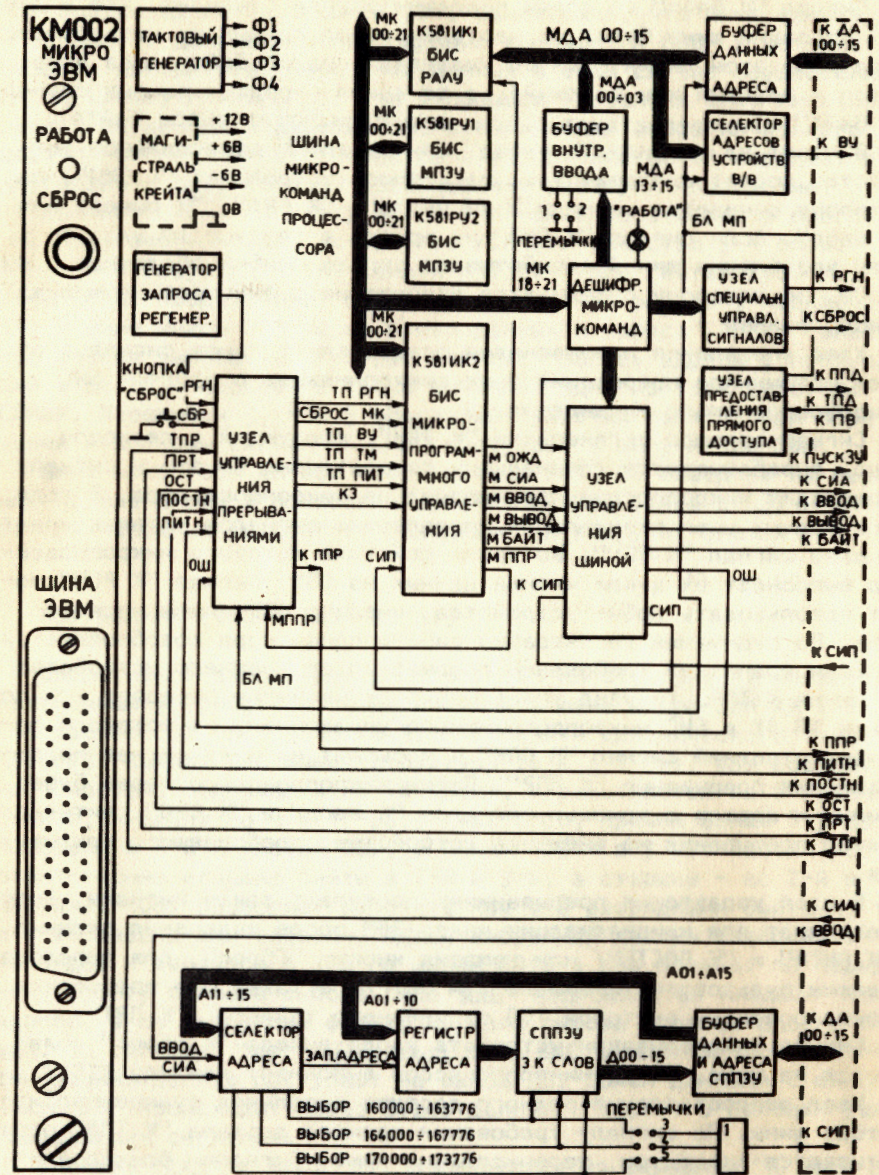


Рис.1. Блок-схема 16-разрядной микро-ЭВМ КМ 002.

ниях К ДА выставлены данные для занесения в адресованное устройство, а начало сигнала "К ввод" показывает, что адресованное устройство должно выставить на линии К ДА данные для занесения их в активное устройство шины.

Сигнал "К байт" во время передачи адреса означает, что в данной операции шины будет осуществлен вывод данных из микропроцессора /при этом линия К ДА 00 указывает, какой байт слова выводится - младший или старший/, а во время передачи данных сигнал "К байт" свидетельствует о том, что происходит вывод байта.

В ответ на команду "К вывод" или "К ввод" адресованное устройство подает синхроимпульс пассивного устройства "К СИП", по которому снимаются сигналы "К ДА 00÷15", "К СИА", "К вывод" или "К ввод". Если сигнал "К СИП" не пришел в течение 10 мкс, то узел управления шиной вырабатывает сигнал ошибки обращения к шине ОШ, по которому совершается прерывание с фиксированным вектором, равным 4.

Узел управления прерываниями осуществляет прием сигналов от всех источников прерывания и их синхронизацию с работой БИС микропрограммного управления.

Сигнал запроса регенерации "К РГН", следующий с периодом 1 мс, вырабатывается специальным генератором. По этому сигналу происходит микропрограммное прерывание микропроцессора. В ходе регенерации узел специальных управляющих сигналов устанавливает на шине сигнал "К РГН", во время действия которого микропроцессор выполняет 64 цикла чтения данных из ОЗУ. Сигнал "К РГН" могут использовать любые устройства, имеющие ОЗУ динамического типа. По окончании регенерации работа процессора возобновляется.

Если возникает требование прерывания от внешнего устройства по линии К ТПР, то узел управления прерываниями передает его по линии ТП ВУ в БИС микропрограммного управления, от которого получает ответный сигнал "М ППР" и посылает на шину сигнал предоставления прерывания "К ППР". Затем микропроцессор через буфер данных и адреса с помощью сигналов "К ввод" и "К СИП" считывает вектор прерывания из внешнего устройства, требовавшего прерывания.

В узел управления прерываниями поступают также сигналы, которые служат для инициализации микро-ЭВМ после включения питания /"К ПИТН" и "К ПОСТН"/ или нажатия кнопки "Сброс", для перехода в режим пультового терминала /"К ОСТ"/, а также для прерывания с фиксированным вектором 100 от внешнего таймера /"К ПРТ"/.

Сигнал инициализации устройств ввода-вывода "К сброс" появляется на шине, когда микропроцессор выполняет команду RESET.

Узел предоставления прямого доступа выполняет функции арбитра шины. По сигналу требования прямого доступа "К ТПД" отрабатываются процедуры, перечисленные ниже. Сигналом блокировки микропроцессора "БЛ МП" отключаются от шины буфер данных и адреса, селектор адресов устройств ввода-вывода и узел управления шиной. Затем узел управления прерываниями с помощью сигнала "КЗ" /канал занят/ приостанавливает работу микропроцессора. Узел предоставления прямого доступа вырабатывает сигнал "К ППД", который проходит по цепочке внешних устройств, подключенных к шине до устройства, подавшего сигнал "К ТПД". Оно выставляет сиг-

нал подтверждения выбора "К ПВ", означающий, что шина занята, и запрещает дальнейшее прохождение сигнала "К ППД" к устройствам низшего приоритета. Пересылка данных в этом случае осуществляется по каналу прямого доступа с помощью указанных выше сигналов пересылки данных и адреса. После выполнения операции прямого доступа сигнал "К ПВ" снимается и управление шиной передается микропроцессору, который возобновляет работу по программе.

Дополнительно на плату микро-ЭВМ помещено стираемое программируемое запоминающее устройство /СППЗУ/ емкостью 3 К слов. В нем используются 6 БИС памяти К573РФ1 /или "Интел-2708"/. Узел СППЗУ представляет собой автономное устройство, подключенное к шине микро-ЭВМ через буфер данных и адреса СППЗУ. Селектор адреса вырабатывает строб-импульс "Запись адреса", поступающий в регистр адреса, а также выбирает один из трех участков СППЗУ. Перемычки 3, 4 и 5 определяют участки памяти, при обращении к которым сигнал "К СИП" поступает в шину микро-ЭВМ.

Шина микро-ЭВМ КМ 002 через разъем РП15-50 выведена на переднюю панель блока и позволяет организовывать связь с ОЗУ и интерфейсами внешних устройств, находящимися в других блоках.

#### ОЗУ ДИНАМИЧЕСКОГО ТИПА КЛ 015

Оперативное запоминающее устройство КЛ 015 /рис.2/ является автономным устройством, подключенным к шине микро-ЭВМ КМ 002. Собственно ОЗУ построено на 32 БИС памяти динамического типа К565РУЗ. Каждая БИС имеет структуру 16 К x 1 бит. ОЗУ состоит из 4 частей, содержащих по 16 Кбайт, и разделяется на 8 групп банков, имеющих по 4 К 16-разрядных слов, причем банки 0÷3 расположены в 1 и 2 частях ОЗУ, а банки 4÷7 - в 3 и 4 частях /соответственно младшие байты в 1-й и 3-й, а старшие - во 2-й и 4-й частях/. ОЗУ позволяет работать как с 8-разрядными байтами, так и с 16-разрядными словами. Адрес выбранной ячейки содержит 14 разрядов и вводится в БИС по шинам А0÷6 в два приема: по переднему фронту сигнала выбора ряда "RAS" записывается младшая часть адреса, а по переднему фронту сигнала выбора столбца "CAS" - старшая. По сигналу "WE" через вход DI в БИС заносятся данные. При считывании данные поступают на выход DO. Обмен данными с шиной микро-ЭВМ происходит через буфер данных и адреса с помощью узла управляющих сигналов.

Сигналы "RAS" и "CAS" 0÷1 формируются из сигналов "К пуск ЗУ" и "К СИА". С помощью сигнала "Упр. MS" мультиплексор MS2 выводит на линии А 0÷6 сначала младшую, а затем старшую часть адреса. При записи байта, если ДА 00 = 0, то появляется сигнал "WE0", а если ДА 00 = 1 - сигнал "WE1". При операции записи слова появляются оба сигнала "WE".

Во время передачи адреса сигналы "ДА 13", "ДА 14", "ДА 15" поступают на входы А 3-разрядного сумматора SM. На его входах Б

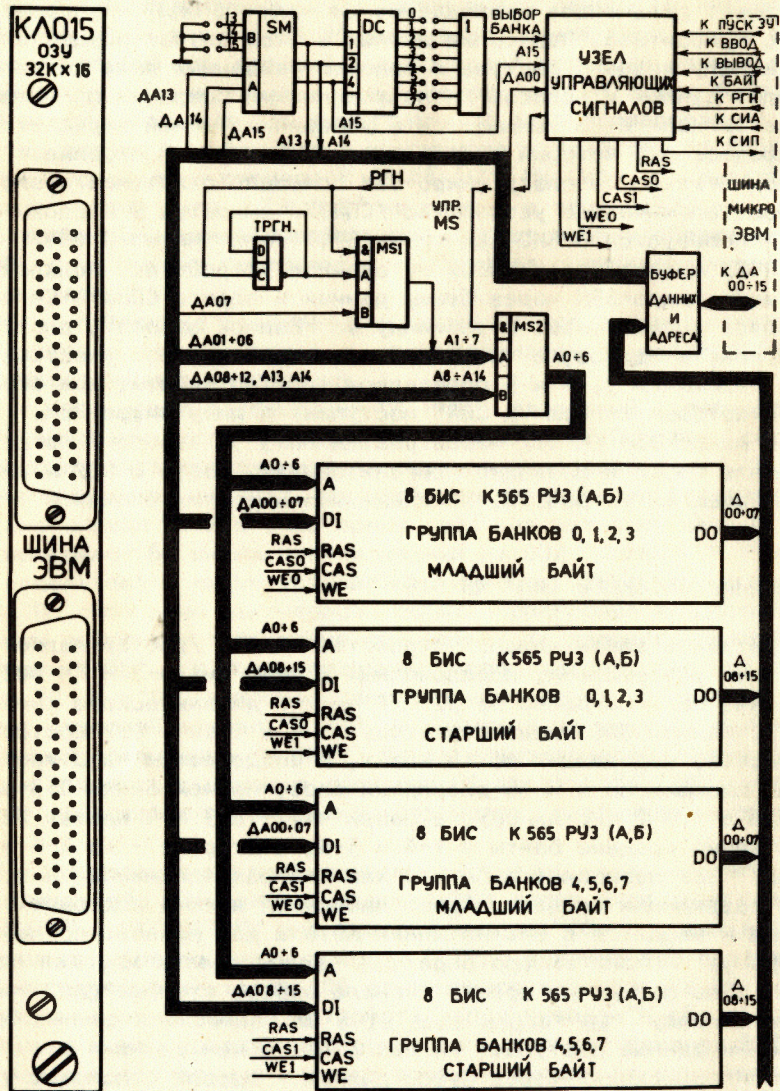


Рис.2. Блок-схема оперативного запоминающего устройства КЛ-015.

перемычками 13-й, 14-й и 15-й задается число, означающее смещение номера банка. Таким образом, на дешифратор номера банка DC и БИС памяти поступает модифицированный адрес банка. Это позволяет при неполной памяти /16 К слов/ задавать любой начальный

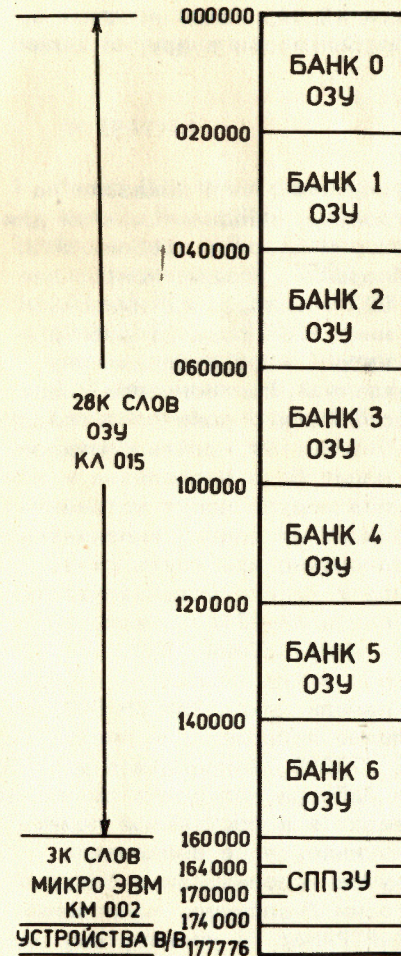


Рис.3. Распределение памяти микро-ЭВМ.

то во время действия следующего сигнала "К РГН" будет обновляться другая группа. Период следования сигналов "К РГН" должен быть, как минимум, в два раза меньше требуемого периода регенерации для этого типа БИС. Такое условие удовлетворяется выбором частоты генератора, подающего запрос на регенерацию в микро-ЭВМ КМ 002, равной 1 кГц.

Связь с шиной микро-ЭВМ осуществляется через два разъема РП15-50, установленных на передней панели блока. Распределение контактов на разъемах ОЗУ совпадает с распределением контактов на разъемах микро-ЭВМ.

адрес группы банков с точностью до 4 К. Кроме того, при появлении дефектов памяти только в одном банке этот банк можно за счет смещения адреса сделать старшим и отключить от шины с помощью переключек выбора банка 0÷7. В случае полной памяти /32 К слов/ старший банк при работе с микро-ЭВМ КМ 002 должен быть отключен, чтобы обеспечить стандартное распределение адресов ОЗУ микро-ЭВМ "Электроника-60" /рис.3/, при котором адреса от 160000 до 177776 отводятся для устройств ввода-вывода /в микро-ЭВМ КМ 002 часть из них занята СПЗУ/.

В ответ на поданную команду при условии правильной адресации банка узел управляющих сигналов подает на шину микро-ЭВМ сигнал "К СИП".

Как указывалось выше, во время регенерации данных процессор последовательно выполняет 64 цикла чтения. Так как для БИС К565РУЗ требуется 128 циклов, то на время регенерации с помощью мультиплексора MS1 вместо линии DA 07 к мультиплексору MS2 подключается выход триггера Т РГН, который переходит в противоположное состояние после каждого сигнала "К РГН". Таким образом, если во время действия очередного сигнала "К РГН" обновлялась одна группа из 64 рядов ячеек памяти,

Следует отметить, что модуль памяти КЛ 015 ввиду простой организации шины микро-ЭВМ может быть использован в других целях.

#### РАБОТА МИКРО-ЭВМ В КРЕЙТЕ КАМАК

Блок-схема размещения микро-ЭВМ в крейте КАМАК показана на рис. 4. В крейте устанавливается контроллер, предназначенный для микро-ЭВМ "Электроника-60". В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для этой ЭВМ разработаны два контроллера/5/. Каждый контроллер состоит из интерфейса магистрали КК 007 и интерфейса микро-ЭВМ КЭ 002 или КЭ 003. Первый интерфейс микро-ЭВМ предназначен для работы по каналу прямого доступа, а второй - по программному каналу. Распределение контактов на разъемах контроллеров совпадает с распределением контактов микро-ЭВМ, что позволяет создать шину процессора на передних панелях блоков. От крейта с микро-ЭВМ эта шина в случае необходимости может быть продолжена к контроллерам других крейтов. Исполнительные модули могут устанавливаться во всех крейтах, их состав зависит от задач, выполняемых системой. Микро-ЭВМ может работать автономно или иметь связь с более мощной ЭВМ. В последнем случае в крейте устанавливается модуль межкрейтовой последовательной связи КИ 021/6/, который служит для передачи программ и данных между обеими ЭВМ.

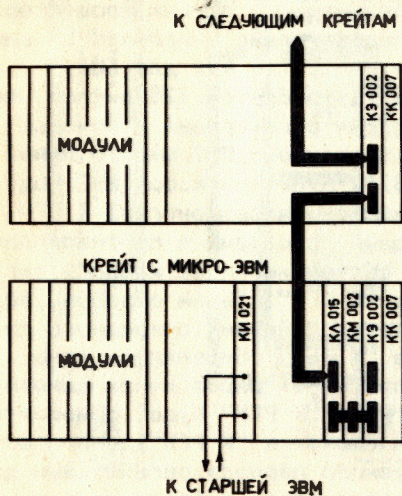


Рис. 4. Пример компоновки крейта с микро-ЭВМ КМ-002.

программы для микро-ЭВМ КМ 002 подготавливаются на ЭВМ СМ-3 или СМ-4, оборудованных НМД и снабженных дисковыми операционными системами.

В заключение авторы приносят благодарность Ц.Вылову и А.Н.Синаеву за плодотворные обсуждения и поддержку работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Малые ЭВМ и их применение /под ред. Б.Н. Наумова/. "Статистика", М., 1980.
2. Борисенко В.Д., Плотников В.В., Талов И.Л. "Электронная промышленность", 1980, № 10, с.20.
3. LSI-11 Microcomputer, Digital Equipment Corporation, Maynard, Mass., USA, 1975.
4. Микропроцессорные комплекты интегральных схем /под ред. А.А.Васенкова, В.А.Шахнова/. "Радио и связь", М., 1982, с.70.
5. Синаев А.Н., Чурин И.Н. ОИЯИ, 10-81-691, Дубна, 1981.
6. Синаев А.Н., Чурин И.Н. ОИЯИ, 10-80-119, Дубна, 1980.

При нажатии кнопки на передней панели микро-ЭВМ КМ 002 управление передается в ячейку памяти 173000, находящуюся в СППЗУ. Если рабочая программа полностью помещается в постоянной памяти, то начинается ее выполнение. В случае использования больших программ /например, написанных на ФОРТРАНе/ по упомянутому адресу должна находиться программа-загрузчик, которая через последовательную линию связи вводит в ОЗУ микро-ЭВМ КМ 002 программу, разработанную на старшей ЭВМ, а затем запускает эту программу.

При наладке и тестировании КМ 002 используются стандартные тестовые программы, написанные для микро-ЭВМ "Электроника-60". Специально разработаны тесты контроллеров крейта. Рабочие

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 февраля 1983 года.

Петев П.А., Чуринов И.Н.

11-83-116

Микро-ЭВМ типа "Электроника-60" в стандарте КАМАК

Описана 16-разрядная микро-ЭВМ КМ 002 в стандарте КАМАК, созданная на основе микропроцессорного комплекта БИС серии К581 и имеющая полный набор команд микро-ЭВМ "Электроника-60". Микро-ЭВМ КМ 002 совместно с дополнительным блоком памяти КЛ 015 содержит 28 К слов ОЗУ и 3 К слов стираемого программируемого ПЗУ. Оба блока соединяются через передние панели шиной процессора, которая логически и электрически совпадает с шиной микро-ЭВМ "Электроника-60". Программное обеспечение совместимо с ЭВМ СМ-3.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Petev P.A., Churin I.N.

11-83-116

A CAMAC Microcomputer Type "Elektronika-60"

A CAMAC KM 002 microcomputer designed with the microprocessor series K581 is described. It has a full command set of the microcomputer "Elektronika-60". KM 002 microcomputer with the additional RAM module KL 015 have 28K words of RAM and 3K words of EPROM. Both modules are of 1M widths and are connected via front panels with the processor bus, which is logically and electrically compatible with the processor bus of the "Elektronika-60" microcomputer. The software is compatible with the SM-3 minicomputer.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.