

Данная методическая разработка содержит указания к лабораторной работе № 2 из вводной части курса "Технические средства автоматизации научных исследований – ТСАНИ".

Лабораторная работа посвящена изучению портов ввода-вывода компьютера IBM PC, архитектуры стандарта КАМАК и методов работы с системами автоматизации на основе этого приборного интерфейса.

В задачу студента входит написание и отладка программы для системного таймера с использованием соответствующих портов, которая превращает клавиатуру в подобие музыкального инструмента и разработка библиотеки подпрограмм-функций для работы с аппаратурой КАМАК.

Разработка включает в себя необходимые сведения по устройству компьютера и системы КАМАК, задания и советы по составлению программ.

Составитель
Г. И. Кузин

Рецензент
канд. техн. наук С. В. Тарарышкин

Печатается по решению учебно-методической комиссии физического факультета.

© Новосибирский государственный университет, 2003

Предисловие

Широкое распространение ЭВМ семейства IBM PC, их сравнительно небольшая стоимость, огромное количество прикладного программного обеспечения делает целесообразным использование этих компьютеров в небольших системах автоматизации. Способы подключения к компьютеру оборудования экспериментальной установки (различных измерительных и управляющих приборов, датчиков и т. д.) могут решаться различными способами, но чаще всего применяются следующие:

а) подключение внешних устройств с помощью стандартных портов ввода-вывода (COM, USB);

б) подключение к общей шине компьютера с помощью дополнительных разъемов (слотов) специальных плат, выполняющих функции измерительных и управляющих устройств;

в) использование приборного интерфейса КОП – канал общего пользования (аналог стандарта IEEE-488);

г) использование приборного интерфейса КАМАК.

Существуют также другие приборные интерфейсы [3, 4, 6].

Первый из перечисленных способов является самым простым и дешевым и находит применение для автоматизации небольших установок.

Второй способ имеет ограничения, связанные с малым количеством свободных разъемов на "материнской плате" компьютера. Тем не менее для небольших конфигураций, когда для автоматизации установки достаточно два-три прибора, этот способ может быть оптимальным.

Многие современные измерительные приборы комплектуются интерфейсом КОП, и если установка может быть укомплектована такими приборами, то для их подключения к компьютеру достаточно вставить в свободный слот соответствующий интерфейс КОП и соединить их шлейфом проводов.

Четвертый способ автоматизации благодаря своей гибкости, слабой зависимости от типа применяемого компьютера, практически неограниченной возможности наращивания количества приборов и устройств получал широкое распространение, несмотря на то что требует некоторых начальных затрат на приобретение крейта с источником питания для размещения КАМАК-аппаратуры, крейт-контроллера и специальной платы связи между компьютером и крейт-контроллером.

В практикуме ТСАНИ лабораторные работы автоматизированы с помощью аппаратуры КАМАК.

Поскольку компьютер является сердцевиной любой автоматизированной установки, физику-экспериментатору, особенно разработчику

прикладного программного обеспечения, необходимо знать принцип работы компьютера, его устройство и возможности.

В этом руководстве мы не имеем возможности сколько-нибудь подробно описать устройство компьютера. По этому поводу существует довольно обширная литература.

1. Порты ввода-вывода

Персональный компьютер состоит из системного блока и внешних устройств: клавиатуры, монитора, принтера и т. п. Системный блок играет основную роль в работе компьютера, он принимает данные с клавиатуры или других входных устройств, обрабатывает данные и отображает результаты на мониторе. В системном блоке расположены блок питания, винчестерские диски, флоппи-диск и основа компьютера – системная или материнская плата (mother board). На системной плате размещены процессор, микросхемы поддержки, память (ОЗУ и ПЗУ).

Процессор общается с внешними устройствами через аппаратные драйверы. Драйверы могут располагаться как на системной плате (драйвер клавиатуры), так и в специальных гнездах расширения (драйвер видеомонитора, сетевая карта, интерфейс КАМАК).

С внешними устройствами общаются, записывая или считывая данные в ячейках драйвера, называемых портами. Каждый порт имеет свой индивидуальный номер, называемый адресом порта. Значения адресов лежат в пределах $0 + 0xFFFF$ (написано в шестнадцатеричной системе). Таким образом, можно адресовать 65536 байтовых портов ($65536 = 2^{16}$).

Доступ к портам осуществляется специальными машинными командами, отличными от команд доступа к ячейкам памяти. Операции чтения и записи порта можно выполнить функциями:

`inp, inportb` – возвращают байт из порта;

`outp, outportb` – записывают байт в порт.

Подробнее о функциях смотрите контекстный HELP.

В качестве удобного для упражнений внешнего устройства можно использовать динамик IBM PC, который управляется таймером 8253.

Программируемый таймер 8253 содержит три независимых 16-разрядных счетчика, имеющих свои вход, выход и стробирование (разрешение работы), причем можно задавать двоичный или двоично-десятичный алгоритм счета. При двоично-десятичном пересчете тетраде битов соответствует десятичная цифра, а комбинации 1010 + 1111 запрещены. Два из трех каналов счета таймера использованы для системных нужд, а третий, имеющий номер 2, работает с динамиком.

Каждый из счетчиков может работать в одном из шести режимов. В нашем случае для управления динамиком следует использовать режим 3. В этом режиме выходной сигнал имеет высокий уровень в течение $N/2$ периодов синхронимпульсов и низкий – в течение следующих $N/2$ периодов. При N нечетном – $(N+1)/2$ и $(N-1)/2$ соответственно.

Более подробно системный таймер описан в работе [9].

Как видно из схемы, приведенной на рис. 1, на динамик подается бинарный сигнал, т. е. громкостью звучания напрямую управлять нельзя.

Работой динамика управляет несколько портов. Второй бит порта $0x61$ управляет включением динамика, а первый бит разрешает работу каналу номер 2 таймера 8253.

Если работа канала таймера запрещена (младший разряд в порту $0x61$ установлен в "0"), то на вход схемы "И", обозначенной символом "&", от таймера постоянно подается "1" и звук можно организовать вторым битом в порту $0x61$, включая и выключая его со звуковой частотой.

Если же работа таймера разрешена, то тональность звучания при установленном бите "Включение динамика" определяется таймером, точнее, коэффициентом деления внутреннего счетчика.

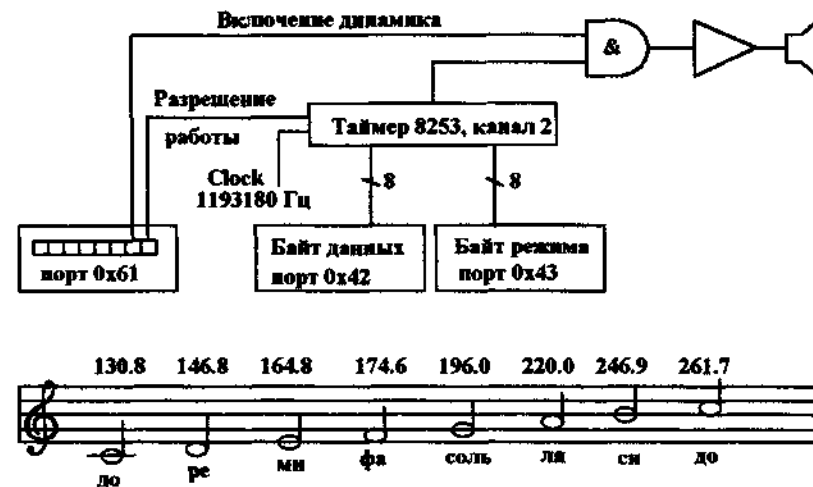
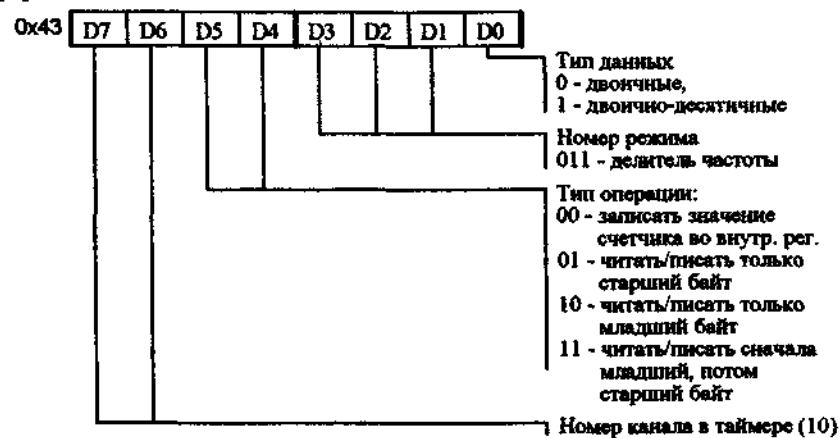


Рис. 1. Схема управления системным динамиком

Старшие биты порта $0x61$ использованы для управления другими устройствами, в том числе и клавиатурой. Поэтому необходимо работать с этим портом (да и с другими тоже) аккуратно, изменяя только необходимые биты, назначение которых вы точно знаете.

Порт 0x42 побайтно принимает данные, определяющие коэффициент деления входной частоты 1 193 180 Гц. Максимальный коэффициент деления равен 65536, следовательно, минимальная частота, которую можно получить, равна $1193180 / 65536 \approx 18.2$ Гц.

Порт 0x43 устанавливает режим работы таймера и имеет следующий формат:



Перед установкой режима необходимо точно определить состояние каждого бита из байта, записываемого в порт 0x43.

1.1. Практическое задание 1

Написать программу, которая при нажатии на клавиатуре клавиш 1..8 исполняла бы соответствующие ноты первой октавы.

Для выполнения этого задания удобнее всего использовать конструкцию "switch-case", например, так:

```
<установка режима таймера (порт 0x43)>
```

```
do { key = getch();
  switch ( key )
  { case '1' : cod = F0/130.8; break;
    case '2' : cod = F0/146.8; break;
```

```
    - - - - -
    default: cod = 1;
  } /* end switch */
```

```
<запись кода в таймер, включение - задержка - выключение...>
```

```
  } while (key != 27); //выход по <Esc>
```

Здесь $F0 = 1\,193\,180.0$ Гц, cod – целая переменная, определяющая коэффициент деления (записывается через порт 0x42). Для перехода в другую октаву достаточно изменить F0.

При манипуляциях с портом 0x61 необходимо соблюдать следующее правило: *прочитать порт – установить нужный бит – записать*. Между этими операциями больше ничего не должно быть. Например, чтобы установить бит 2, можно написать:

```
outp(0x61, (inp(0x61) | 2);
```

2. Стандарт КАМАК

Стандарт КАМАК (в английской транскрипции SAMAC – Computer Aided for Measurement And Control) был создан в конце 60-х гг. в Европейском центре ядерных исследований в Швейцарии. Причиной его создания являлось стремление разрабатывать автоматизированные системы для физического эксперимента за короткое время, из готовых узлов сделать их относительно дешевыми, с легко перестраиваемой структурой. Таким задачам вполне отвечали конфигурации, выполненные на основе совместимых по конструкции функциональных блоков, объединяемых в систему с помощью единой магистрали. Разумеется, такое объединение возможно лишь при соблюдении изготавителями блоков общих для всех требований, направленных на обеспечение логической, электрической и конструктивной совместимости. Совокупность этих требований и образует стандарт магистрально-модульной системы.

Система SAMAC, правила построения которой регламентируются соответствующим стандартом [1], получила широкое распространение во всем мире и рекомендована в качестве основной для научного приборостроения. С 1980 г. стандарт SAMAC принят как ГОСТ 26.201-80 и в отечественной литературе стал именоваться как КАМАК [2].

Система КАМАК демонстрирует один из возможных способов построения магистрально-модульных систем. На сегодняшний день известны и используются другие магистрально-модульные системы: АСВТ(Россия), MULTIBUS-I, MULTIBUS-II, VME-BUS [3, 4]. Кроме стандартов магистрально-модульных систем разработан ряд документов, регламентирующих правила построения систем с общей магистралью (не требующих конструктивной совместимости). Наиболее известным из них является стандарт МЭК 625.1 на параллельно-последовательный интерфейс [5] (в США – стандарт IEEE-488). Стандартные способы построения систем описаны в работе [6].

2.1. Основные положения стандарта КАМАК

Стандарт распространяется на систему КАМАК, предназначенную для сбора и обработки информации с применением ЭВМ или другого программного устройства в измерительных и управляющих системах и характеризующуюся модульным принципом построения и конструктивной однородностью составных частей, применением машинно-независимой магистрали для связи между блоками и передачей слов данных разрядностью до 24 бит [2]. В документах стандарта сформулированы условия конструктивной, электрической и информационной совместимости элементов, из которых собирается система.

2.2. Конструктивная совместимость

Система монтируется из отдельных функциональных блоков – модулей. Конструкцию модулей можно увидеть на своем рабочем месте. Основными элементами модуля являются печатная плата с разъемом, лицевая панель шириной $M = 17.2$ мм, задняя панель, направляющие для установки модуля в ячейку. Модуль может быть шириной 1М, 2М, 3М (т. е. 17.2 мм, 34.4 мм, 51.6 мм) и т. д. Его основные размеры показаны на рис. 2.



Рис. 2. Габариты модуля КАМАК шириной 1М

Кроме этого, источник может выдавать дополнительные напряжения питания: +12В, -12В, ~117В, +200В. В России, в основном, применяются

Модули монтируются в специальном каркасе – крейте. Кроме места для установки блоков (25 позиций) в крейте расположена магистраль с ответвными частями 86-контактных разъемов и источник питания. В нижней части крейта, как правило, устанавливается вентилятор.

Крейты, в свою очередь, могут быть смонтированы в специальной стойке.

2.3. Электрическая совместимость

Условия электрической совместимости оговаривают напряжения и токи источников питания, рассеиваемую мощность и величины напряжений и токов цифровых сигналов магистрали.

Стандарт требует обязательного наличия в крейте четырех питающих напряжений: +6В, -6В, +24В, -24В.

источники питания трех типов. Их параметры можно найти в приложении 1.

Максимальный ток, который может протекать при нормальных условиях через один контакт разъема не должен превышать 2А. В крейте без принудительного охлаждения мощность тепловых потерь не должна превышать 8 Вт/модуль. При использовании вентиляции рассеиваемая мощность может быть увеличена до 25 Вт/модуль.

Цифровые сигналы, передаваемые по магистрали, соответствуют уровням ТТЛ, но являются инверсными относительно этой логики, т. е. "0" соответствует напряжению 2.4 ± 5.0 В, а "1" 0 ± 0.4 В. Стандартом также нормированы токи цифровых элементов, подключаемых к магистрали.

2.4. Информационная совместимость

Под информационной совместимостью подразумевается однотипный способ обмена информацией между всеми модулями, расположенными в крейте и ЭВМ, обслуживающей этот крейт. Достижение этой совместимости обеспечивается правилами, рассмотренными ниже.

1. "Хозяином" крейта является специальный блок – контроллер крейта, занимающий 24-ю и 25-ю позиции. Это означает, что все обмены данными между модулями крейта и ЭВМ происходят под управлением контроллера. Контроллер является связующим звеном между аппаратурой крейта и ЭВМ. Обмен данными по магистрали между двумя блоками также происходит под управлением контроллера и помимо него невозможен.

Иначе говоря, при передаче данных по магистрали из блока А в блок Б, расположенный в том же крейте, путь данных будет таков: блок А → контроллер → ЭВМ → контроллер → блок Б. Заметим, что с развитием элементной базы электроники функциональные возможности модулей заметно возросли и такой способ работы стал сдерживать развитие КАМАК-систем. Тогда в дополнение к первоначальному варианту стандарта EUR-4100е был подготовлен документ EUR-6500е [7], регламентирующий правила организации многоконтроллерных крейтов. Однако широкого распространения дополнение 6500 не получило.

2. Контроллер управляет модулями с помощью NAF-инструкций. NAF-инструкция выставляется контроллером на магистрали и принимается модулем, расположенным в позиции N крейта (как правило, позиция N определяется по установочному винту модуля). Внутри модуля допускается до 16 отдельных регистров, к каждому из которых можно обращаться. Выбор нужного регистра определяется субадресом А.

Функция F – третья часть NAF-инструкции задает тип операции – чтение, запись, сброс в "0", проверка состояния и т. п. Их полное

количество – 32. Все возможные функции приведены в приложении 2. Рассмотрим наиболее употребимые из них.

Функция записи F(16) – команда на запись информации в регистр, указанный в субадресе A.

Функция чтения F(0) – команда на чтение информации из модуля.

Функция блокировки F(24) – запрещение работы какого-либо функционального узла или элемента модуля.

Функция разблокировки F(26) – отмена действия функции F(24).

Обычно функции F(24), F(26) используются для блокировки и разблокировки LAM-запросов модулей.

Функция исполнения F(25) – команда на начало или прекращение какого-либо действия или процесса в модуле. Чаще всего используется в качестве команды "Старт" для процесса измерения. Более подробное описание функций можно найти в работах [2, 8].

На рис. 3 схематично показано действие команды N-A(3)-F(16). Эта NAF-инструкция является командой записи информации в регистр A(3) модуля, расположенного в позиции N. Дешифратор команд распознает команду и выдает сигнал записи информации с W-шины во внутренний регистр A(3). Одновременно, поскольку команда правильная, он отвечает сигналом X = 1 (см. рис. 3).

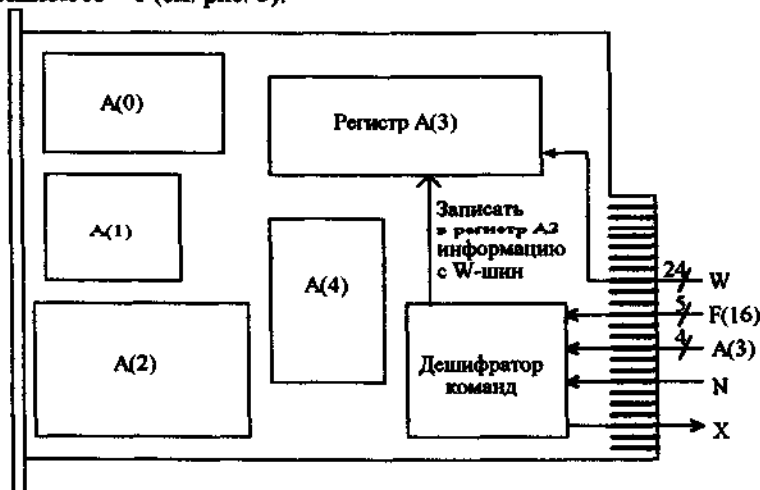


Рис. 3. Общий вид модуля КАМАК

3. Как может показаться из сказанного выше, инициатором всех действий в крейте является контроллер. Однако это не так, во многих случаях инициатором может выступить какой-либо блок (например, он

подготовил число и надо, чтобы контроллер "забрал" это число). Для подобных случаев КАМАК предусматривает механизм LAM-запроса (Look At Me), или, другими словами, запросов на обслуживание. Каждый блок может выставить сигнал на специальной, только от него идущей шине L, обозначающий, что блок требует обслуживания. Контроллер K0607 принимает этот сигнал, устанавливает соответствующий бит в байте групповых запросов своего внутреннего регистра маски и запросов и, если ему разрешено, генерирует аппаратное прерывание в ЭВМ. Далее события развиваются в соответствии с написанной программой, которая должна либо ожидать LAM-запрос, т. е. проверить соответствующий бит в регистре маски и запросов (работа по флагу), либо иметь подпрограмму обслуживания аппаратного прерывания (работа по прерываниям).

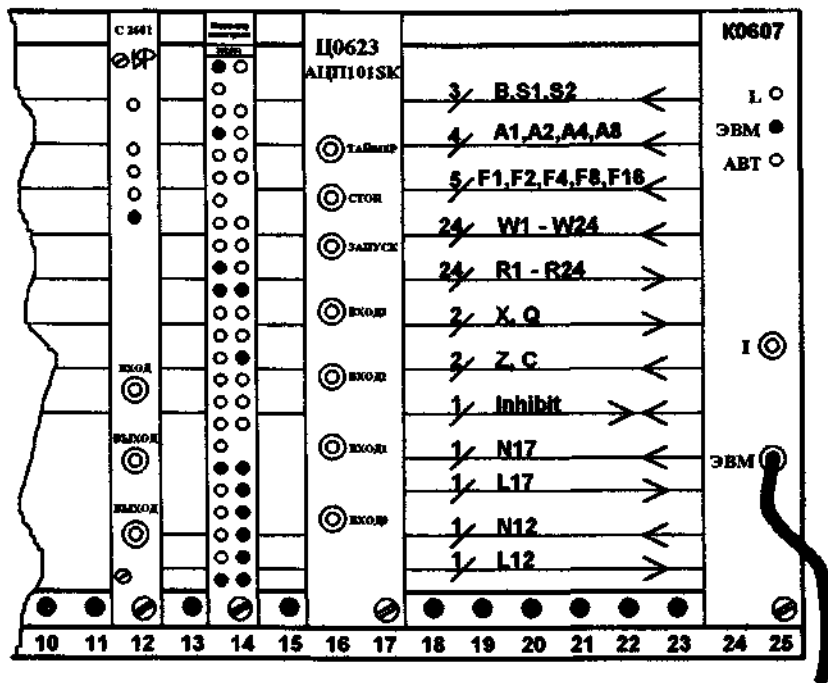
Кроме того, для работы с механизмом LAM-запросов стандарт КАМАК предусматривает специальные функции F(8) и F(10). Первая из них называется "проверка LAM-запроса". В ответ на эту команду модуль должен выставить на шине Q единицу, если он требует обслуживания, или ноль, если не требует. Часто это записывают так: Q = LAM. Функция F(10) – "сброс LAM-запроса" снимает у модуля запрос на обслуживание. Заметим, что некоторые модули могут не обрабатывать F(8) и F(10).

Соглашения по использованию функций, приведенные в приложении 2, дают довольно большую свободу разработчику. Поэтому для правильного программирования блока КАМАК следует внимательно ознакомиться с его описанием.

2.5. Конструкция магистрали

Как отмечалось выше, модули и контроллер объединяются в систему и взаимодействуют друг с другом через систему проводников, называемых магистралью крейта. Устройство магистрали показано на рис. 4. Всего на магистрали монтируется 25 разъемов – первые 24 разъема распаяны одинаково, а последний, 25-й специальный.

Шины B, S1, S2 служебные, на их изучении мы остановимся в следующем разделе. Шины A1, A2, A4, A8 служат для передачи субадреса A, а шины F1, F2, F4, F8, F16 – функции F. По информационным шинам W1 – W24 (шинам записи) данные передаются от контроллера к модулю. По шинам чтения R1 – R24 модуль передает данные контроллеру. Обратите внимание, что разрядность слов данных (24 бита) отличается от разрядности компьютера.

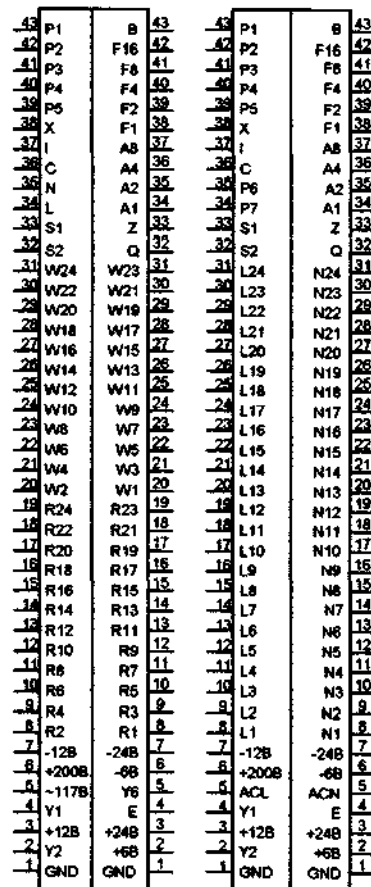


Кабель к ПШИ-4

Рис. 4. Магистраль КАМАК

Шины Z, C, I служат для передачи общих, адресуемых сразу ко всем модулям, команд управления. Команда Z (Zero) принимается каждым модулем, соединенным с данной шиной, и предназначена для начального запуска системы. По ней все регистры должны быть установлены в определенное начальное состояние, все LAM-запросы сброшены. Командой C (Clear) сбрасываются в нулевое состояние только выбранные разработчиком блока регистры или отдельные триггеры. Сигнал запрета I (Inhibit) должен запрещать работу тех элементов в модуле, которые связаны с этой шиной.

Сигнал, передаваемый по шине X, называется "Команда принята". Модуль выставляет X = 1, если он имеет средства для выполнения присланной команды. Сигнал X = 0 означает, что в работе имеются ошибки или неполадки, например модуль не использует присланную функцию, нет питания, не задействован указанный субадрес и т. п. Реакция на X = 0 определяется написанной программой.



N = 1...24

N = 25

Рис. 5. Назначение контактов разъемов магистрали КАМАК

также появляются сигналы. Блоки начинают дешифровать NAF-инструкцию, т. е. определять, к какому из них, к какому субадресу и какая функция поступила.

Сигнал Q - "Ответ" выставляется модулем на соответствующей шине для сообщения о его состоянии. Например, в ответ на команду F(8) модуль обязан установить Q = LAM. Шина Q может использоваться в ответ и на другие функции. В описании любого блока должно быть оговорено использование шины Q.

Индивидуальные шины N и L, распаянные на разъем магистрали с номером 25, служат для выбора блока, с которым ведется работа (N), и для передачи от него запроса на обслуживание (L).

Назначение всех контактов разъемов магистрали КАМАК приведено на рис. 5.

2.6. Взаимодействие блоков и контроллера

Рассмотрим, как развиваются события на магистрали во времени. Стандарт оговаривает временные соотношения при выполнении NAF-инструкции. Инструкция выполняется в течение одного КАМАК-цикла, длительность которого равна 1 мкс, и действия блоков по ее выполнению синхронизированы сигналами магистрали.

Временные диаграммы сигналов на шинах магистрали показаны на рис. 6. Работа начинается с появлением сигнала В - "Занято" (Busy) на соответствующей шине. Одновременно на шинах N, A, F также появляются сигналы.

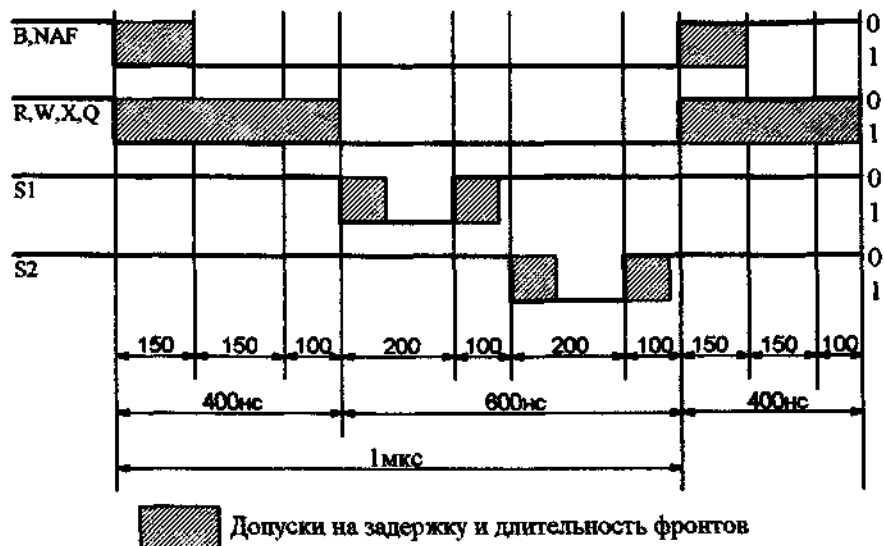


Рис. 6. Временная диаграмма КАМАК-цикла

Тот блок, с которым ведется работа, должен выставить $X = 1$, если все в порядке, и быть готовым к исполнению команды. Собственно исполнение происходит с появлением строба S1 на шине S1. Так, если поступила команда записи, то число с W-шины переписывается в выбранный регистр по стробу S1. Если использована команда чтения, то по стробу S1 данные переписываются с R-шины, на которых они уже должны быть подготовлены после дешифрации NAF-инструкции блоком, в контроллер. Статусная информация на шинах X и Q также должна быть подготовлена к моменту S1 в этом же КАМАК-цикле.

Команды, которые могут привести к изменению данных на R/W-шинах, должны быть синхронизированы стробом S2. Например, если после чтения данных их следует сбросить, то по стробу S1 данные читаются, а по стробу S2 сбрасываются, т. е. чтение и сброс выполняются в одном КАМАК-цикле (функции F2, F3 или подобные).

Безадресные операции Zero и Clear выполняются по стробу S2, а команда Inhibit может генерироваться в любое время и любым блоком.

3. Контроллер крейта КАМАК

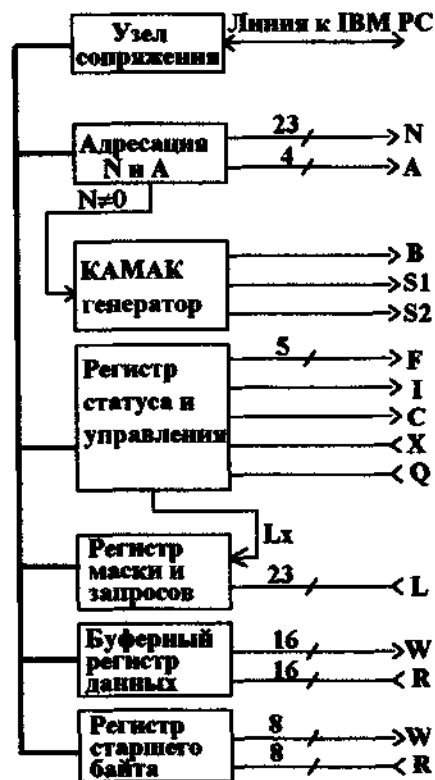


Рис. 7. Блок-схема контроллера

Крейт-контроллер K0607 предназначен для преобразования управляющих воздействий ЭВМ в сигналы стандарта КАМАК. Крейт-контроллер устанавливается всегда в крайнюю правую позицию крейта и занимает два места. Контроллер соединен с компьютером коаксиальным кабелем через интерфейс ППИ-4 (параллельно-последовательный интерфейс 4-канальный) и общается с ним по специальному протоколу. Устройство контроллера схематически изображено на рис. 7.

В контроллер входят следующие узлы:

- узел сопряжения;
- схема адресации, позволяющая выбирать нужный блок и регистр в нем;
- регистр статуса и управления, часть разрядов которого отражает текущее состояние контроллера, а другие служат для управления шинами магистрали крейта и режимами работы;
- регистр маски и запросов, предназначенный для сгруппированных LAM-запросов от модулей крейта (старший байт) и установки масок (младший байт):

– 16-разрядный регистр данных, служит для обмена данными между контроллером и модулями в крейте;

– 8-разрядный регистр старшего байта, дополняющий 16-разрядное слово данных до 24 разрядов;

– схема прерывания, которая обеспечивает передачу данных о LAM-запросах в компьютер.

Контроллер работает следующим образом. В принимаемом узлом сопряжения последовательном коде выделяются две части: адрес и данные.

Адрес поступает на схему адресации, которая определяет N и A, а данные

поступают в выбранный в соответствии с N и A регистр. В первую очередь заполняются внутренние регистры контроллера, которые имеют следующие адреса:

N(0)-A(0) – регистр статуса и управления (CSR);

N(0)-A(1) – регистр маски и запросов;

N(0)-A(2) – регистр старшего байта (DHR).

После того как заполнены внутренние регистры, при $N \neq 0$ генерируется КАМАК-цикл и происходит исполнение полученной NAF-инструкции.

3.1. Форматы внутренних регистров

Статусный регистр N(0)-A(0)

15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Q	X		IL		XE	Z	C	D	DE	IF	F16	F8	F4	F2	F1

"Q", "X" содержат соответственно Q и X последнего КАМАК-цикла и фиксируются по заднему фронту строба SI.

"IL" соответствует состоянию "Inhibit" (запрет) магистрали крейта.

"XE", если установлен, разрешает прерывание по отсутствию ответа от адресуемого модуля.

"Z", если установлен, дает цикл "Zero".

"C", если установлен, дает цикл "Clear".

Разряды "C" и "Z" автоматически сбрасываются после каждого цикла.

"D" = 1, если имеется хотя бы один немаскированный групповой запрос.

"DE" – разрешение прерывания. Если D = 1 и DE = 1, то контроллер формирует в линию связи сигнал запроса, который инициализирует передачу в ЭВМ из ППИ-4 сигнала "требование прерывания". Бит "DE" сбрасывается автоматически при считывании адреса вектора прерывания процессором.

"IF" управляет шиной "Inhibit" на магистрали.

"F16", "F8", "F4", "F2", "F1" соответствуют шинам F магистрали.

Прочитав CSR, можно узнать о наличии немаскированного группового запроса, состоянии шины "Inhibit", об ответах Q и X на последний КАМАК-цикл.

Регистр старшего байта N(0)-A(2) имеет следующий формат:

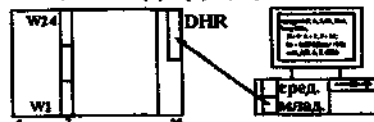
07	06	05	04	03	02	01	00
W24	W23	W22	W21	W20	W19	W18	W17

Реально имеется два 8-разрядных регистра, один из которых только читается (после КАМАК-функции чтения), а другой только пишется.

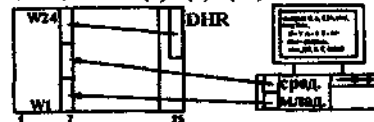
При передаче 24-разрядного слова в регистр модуля КАМАК сначала делается запись старшего байта в DHR по N(0)-A(2)-F(16), затем, при записи остальных 16 разрядов по адресу регистра модуля, на магистраль крейта автоматически передается содержимое этих 16 разрядов и содержимое DHR – все 24-разрядное слово (рис. 8).

Запись 24-разрядного слова

1-й цикл: N(0)A(2)F(16)



2-й цикл: N(7)A(0)F(16)



Чтение 24-разрядного слова

1-й цикл: N(7)A(0)F(0)



2-й цикл: N(0)A(2)F(0)

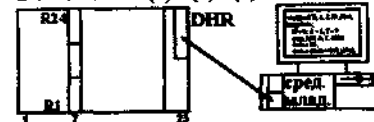


Рис. 8. Запись и чтение 24-разрядного слова. Модуль в 7-й позиции (N = 7)

При чтении данных в ЭВМ производится чтение младших 16 разрядов из КАМАК-модуля, при этом 8 старших разрядов остаются в DHR, который затем можно прочитать по N(0)-A(2)-F(0).

3.2. Система LAM-запросов в K0607

Схема обработки LAM-запросов в K0607 показана на рис. 9. LAM-запросы от модулей по индивидуальным проводам поступают в контроллер и собираются в группы по схеме "или". Таких схем в контроллере восемь. Соответствие между групповыми запросами D_k и запросами от модулей L_j определяется переключками внутри контроллера и в используемых в практикуме контроллерах является следующим:

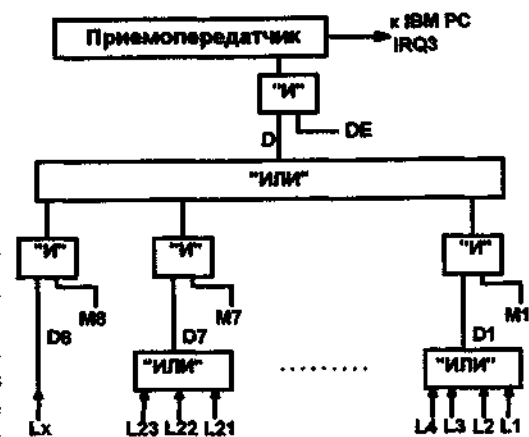


Рис. 9. Прохождение LAM-запросов

Группировка LAM-запросов

L ₁	L ₂₃ -L ₂₁	L ₂₀ -L ₁₈	L ₁₇ -L ₁₅	L ₁₄ -L ₁₂	L ₁₁ -L ₉	L ₈ -L ₅	L ₄ -L ₁
D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁

Групповой запрос D_k пропускается или не пропускается в зависимости от состояния соответствующей маски M_k . При $M_k = 1$ групповой запрос D_k пропускается далее. Состояние масок и групповых запросов от КАМАК-модулей фиксируется в контроллере в специальном регистре масок и запросов. Его формат приведен ниже.

Регистр маски и запросов N(0)-A(1)

15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	M ₈	M ₇	M ₆	M ₅	M ₄	M ₃	M ₂	M ₁
Групповые запросы								Маска							

Восемь групповых запросов также собираются по схеме "или" и образуют один "обобщенный" запрос от всего крейта, состояние которого записывается в бит "D" статусного регистра контроллера.

Дальнейшее прохождение обобщенного запроса D блокируется, если в разряд DE (Demand Enable) статусного регистра записан "0". Если же DE = 1, то возникающий обобщенный запрос инициирует работу узла сопряжения и в компьютер уходит запрос на прерывание.

В соответствии с этим сообщением интерфейс ППИ-4 устанавливает на шине IRQ IBM PC активное состояние и в компьютере срабатывает аппаратное прерывание.

Разработка программ обслуживания прерывания требует специальных средств и более глубокого изучения работы компьютера и операционной системы. При выполнении заданий данной лабораторной работы достаточно ограничиться работой "по флагу", когда инициатором всех обменов является компьютер.

3.3. Подключение к IBM PC крейта КАМАК

Контроллер крейта через последовательную линию связи подключается к IBM PC с помощью специальной связной платы – интерфейса ППИ-4. С его помощью можно подключить 4 крейта. Если используется только один крейт, то он обычно (но не обязательно) имеет номер 0. Интерфейс ППИ-4 устанавливается в гнездо расширения на материнской плате IBM PC. Работа с регистрами крейт-контроллера и блоками КАМАК ведется через порты ППИ-4. Назначение портов и их шестнадцатеричные адреса приведены на рис. 10.

Статусный порт ППИ-4 (0x24F) позволяет организовать пересылку данных в режиме прямого доступа к памяти (DMA). В вашей работе этот

режим не применяется, и в статусном порту необходимо использовать лишь D4 и D5, а в остальные биты писать нули. Конфигурация "IBM PC ↔ ППИ-4 ↔ контроллер ↔ блок КАМАК" функционирует следующим образом:

1. В порты ППИ-4 заносятся номер крейта, N, A, F и данные, если оформляется процедура записи. Не путать порты для записи и для чтения!

2. Проводится обращение к порту 0x247 "Инициализация обмена". При этом в контроллер передается информация об N, A, F и данные.

3. Контроллер при N = 0 укладывает данные в свои внутренние регистры, а при N ≠ 0 генерирует КАМАК-цикл с полученными N, A, F и данными. В этом же КАМАК-цикле в статусный регистр контроллера, а также в порт 0x248 заносятся ответы X и Q. Если была функция чтения, то данные от компьютера к контроллеру не передаются, а во время действия КАМАК-цикла записываются по строку B₁ во

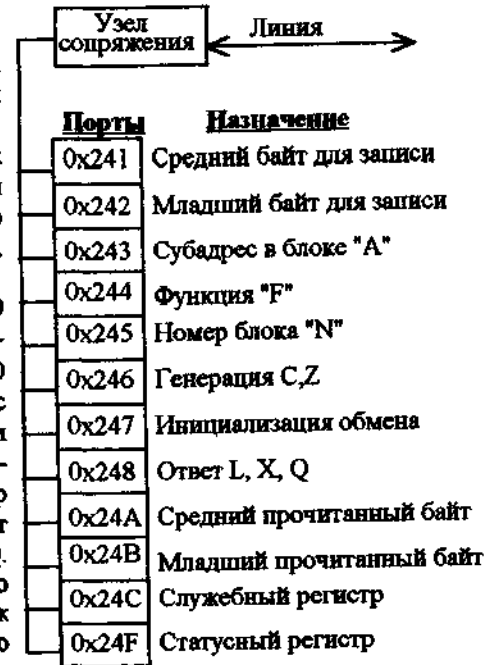


Рис. 10. Порты ППИ-4

внутренние регистры контроллера (старший байт тоже), затем младшие 16 бит поступают в порты чтения (0x24A, 0x24B). Ответы X, Q и запрос крейта L также сначала записываются в соответствующие биты регистра статуса и управления, затем возвращаются в порт 0x248. Ответы X и Q, а также общий запрос крейта L удобнее проверять в порту 0x248, а не в статусном регистре (N(0)-A(0)), так как при этом не нужен дополнительный обмен между компьютером и KJ607, на который тратится время порядка нескольких десятков микросекунд.

Форматы портов



* – состояние бита не определено.

3.4. Практическое задание 2

1. Для первого ознакомления, пользуясь схемой на рис. 8 и описанием блока в приложении 3, напишите программу для записи числа 0x123456 (шестнадцатеричное, все три байта разные) в регистр индикатора магистрали. По светодиодным индикаторам убедитесь, что запись проходит правильно.

2. Напишите простую библиотеку для работы с системой КАМАК, которая должна содержать три функции: две для генерации циклов C, Z и одну универсальную функцию.

Первые две, которые можно назвать, например, `void cam_zero(int CN)` и `void cam_clear(int CN)`, реализуются просто. Достаточно установить соответствующие биты в портах 0x24F и 0x246, обратиться к порту 0x247

(читать или писать – все равно) для инициализации обмена с крейтом, подождать бита 'OK' в порту 0x24C. Для правильной отработки сигналов C и Z в порты N, A, F (0x243, 0x244, 0x245) следует записать нули (аппаратная особенность).

Универсальная подпрограмма-функция должна иметь тип `int` и включать пять параметров: номер крейта (CN), позицию в крейте (N), субадрес (A), КАМАК-функцию (F) и указатель на данные:

```
int cam_24(int CN, int N, int A, int F, unsigned long *data);
```

Внутри самой функции следует реализовать три ветви в зависимости от того, какое значение F в нее передано (см. приложение 2 "Функции системы КАМАК"):

- если F имеет диапазон чтения ($0 \leq F < 8$), то в соответствии с рис. 8 программируем последовательность операций для чтения 24-разрядного слова данных;

- если F означает "запись", оформляем процедуру записи;

- во всех остальных случаях данные не обрабатываем, а только пишем информацию о CN, N, A, F в соответствующие порты, инициализируем обмен, ждем бита 'OK'.

При выходе из подпрограммы-функции нужно вернуть содержимое порта 0x248 (ответы модуля X, Q и общий запрос крейта L).

Примечания. а) Порт 0x248 содержит правильную информацию только при обращении к регистру модуля. После записи-чтения внутренних регистров контроллера он пустой.

б) Неиспользуемые биты в порту 0x248 при чтении возвращаются единицами, а не нулями, и, чтобы не путаться, их лучше почистить.

в) С точки зрения быстродействия универсальная функция `cam_24` неоптимальна, так как при работе с 16-разрядными регистрами старший байт не нужен, а обе стадии записи-чтения на рис. 8 занимают практически одинаковое время ~ 25 мксек.

3. Используя универсальную подпрограмму-функцию, напишите программу "Бегающая единица" для индикатора магистрали. На лицевой панели индикатора магистрали через все 24 разряда со скоростью 2 + 4 разряда в секунду должна бежать единица.

4. Напишите программу "ручного контроллера". Организуйте вашу программу таким образом, чтобы она:

- а) запрашивала в целом формате последовательно номер крейта, позицию в крейте, субадрес, функцию;

- б) если введена функция записи ($15 < F < 24$), запрашивала данные в шестнадцатеричном формате;

в) с помощью вашей функции сгенерировала соответствующий КАМАК-цикл;

г) если была введена функция чтения ($0 \leq F < 8$), распечатала данные в шестнадцатеричном формате;

д) во всех случаях отобразила состояние L, X, Q;

е) вернулась на ожидание ввода CN, N, A, F, data.

Шестнадцатеричный формат для данных необходим для установления соответствия между тем, что писали, и тем, что показывает индикатор магистрали. Для остальных параметров (CN, N, A, F), конечно, удобнее обычная десятичная запись.

Программа должна "уметь работать" с внутренними регистрами контроллера, адресуемыми по $N = 0$.

5. Заставьте индикатор магистрали выставить LAM-запрос (F25). Определите состояние соответствующего бита группового запроса в регистре маски N(0)-A(1). Размаскируйте этот групповой запрос. Убедитесь, что в регистре статуса и управления N(0)-A(0) бит D (общий запрос крейта) находится в состоянии "1".

3.5. Общие правила работы с КАМАК-модулями

Начиная работать с модулем, прежде всего необходимо внимательно изучить его описание и понять функциональное назначение, принцип действия, особенности работы, характеристики. Затем следует ознакомиться со списком NAF-инструкций и выбрать те, что необходимы.

Не забывайте, что работа блока происходит в реальном времени и он не мгновенно выполняет присылаемые команды.

Если во время отладки программы появилось подозрение, что аппаратура КАМАК неисправна или работает не так, как ожидалось, прежде всего проверьте по индикатору магистрали наличие всех питающих напряжений. Запустите тестовую программу TSTCAMAC.EXE. Программу можно запустить с помощью меню или из каталога M:\PUBLIC\TESTS\ANI. Для программы TSTCAMAC требуется индикатор магистрали. Программа выполняет также функции "ручного контроллера", и с ее помощью можно проверить выполнение модулем NAF-инструкций.

Программа NAFDETEC.EXE покажет вам все комбинации N, A, F, на которые модуль отвечает сигналом $X = 1$.

1. Основные характеристики источников питания крейта

Изготовитель	СКБ НИИ	Polon (043A)	Tesla (NL2912)
Напр. питания	Ток, отдаваемый в нагрузку		
+6В	15А	25А	25А
-6В	4А	25А	25А
+12В	2А	нет	2А
-12В	2А	нет	2А
+24В	4А	6А	6А
-24В	4А	6А	6А
+200В	0.1А	нет	0.1А
~117В	0.2А	нет	0.2А

2. Функции системы КАМАК

Операции, использующие шины R (чтение)

- F(0) Чтение регистра группы 1
- F(1) Чтение регистра группы 2
- F(2) Чтение и сброс регистра группы 1
- F(3) Чтение обратного кода регистра группы 1
- F(4) Нестандартная
- F(5) Резервная
- F(6) Нестандартная
- F(7) Резервная

Операции, не использующие шины R/W (операции без данных)

- F(8) Проверка запроса
- F(9) Сброс регистра группы 1
- F(10) Сброс запроса
- F(11) Сброс регистра группы 2
- F(12) Нестандартная
- F(13) Резервная
- F(14) Нестандартная
- F(15) Резервная

Операции, использующие шины W (запись)

- F(16) Запись регистра группы 1
- F(17) Запись регистра группы 2
- F(18) Селективная установка регистра группы 1
- F(19) Селективная установка регистра группы 2
- F(20) Нестандартная
- F(21) Селективный сброс регистра группы 1
- F(22) Нестандартная
- F(23) Селективный сброс регистра группы 2

Операции, не использующие шины R/W (операции без данных)

- F(24) Блокировка
- F(25) Исполнение
- F(26) Разблокировка
- F(27) Проверка состояния
- F(28) Нестандартная
- F(29) Резервная
- F(30) Нестандартная
- F(31) Резервная

3. Описание индикатора магистрали 332.001

Модуль "Индикатор магистрали" предназначен для визуальной индикации состояния шин магистрали при работе с любым блоком, и, кроме того, он может генерировать запрос и контролировать напряжение питания. В состав модуля входят регистр данных и регистр команд, триггер запроса, триггер записи-чтения, схема контроля питающих напряжений.

С "Индикатором магистрали" возможна работа и как с обычным КАМАК-модулем. Он выполняет следующие команды:

- A(0)-F(16) – запись в регистр данных Q = 0
- A(0)-F(9) – сброс регистра данных Q = 0
- A(0)-F(0) – чтение регистра данных Q = 0 *
- A(0)-F(1) – чтение регистра команд Q = 0 *
- A(0)-F(25) – установка триггера запроса Q = 0, L = 1
- A(0)-F(10) – сброс запроса Q = 0, L = 0
- A(0)-F(8) – проверка запроса Q = L

* При командах A(0)-F(0) и A(0)-F(1) изменение регистров данных и команд запрещено.

- Z – Сброс всех регистров, кроме разрядов I и Z регистра команд,
- C – Сброс всех регистров, кроме разрядов I и C регистра команд,
- I – не используется.

Занесение информации с R-шины или W-шины в регистр данных производится по стробу S1. Содержимое регистра индицируется на передней панели. Также возможно занесение информации с W-шины по команде N·A(0)-F(16). Чтение содержимого регистра данных происходит по команде N·A(0)-F(0).

Выбор R-шин или W-шин для записи с них информации в регистр данных происходит автоматически. Для индикации, с каких именно шин произошла запись, служит триггер "запись-чтение". Состояние триггера индицируется на передней панели.

Занесение информации с шин A, F, X, Q, B, N в регистр команд происходит по стробу S1. Читается этот регистр по команде A(0)-F(1).

Соответствие разрядов регистра команд и R-шин при чтении F(1).

R16	R15	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
C	Z	N	I	B	X	Q	F16	F8	F4	F2	F1	A8	A4	A2	A1

При чтении регистра данных и регистра команд изменение их содержимого и, соответственно, состояния индикации на лицевой панели запрещено. Состояние шин C и Z фиксируется по стробу S2.

Библиографический список

1. CAMAC – A Modular Instrumentation System for Data Handling, Revised Description and Specification, Report EUR 4100e, CEC. Luxembourg, 1972.
2. Система КАМАК. Крейт и сменные блоки: Требования к конструкции и интерфейсу. ГОСТ 26.201-80. Госкомитет СССР по стандартам. М., 1980.
3. Базиладзе С. Г. Стандарт MULTIBUS-II и перспективы его применения в аппаратуре автоматизации эксперимента // ПТЭ. 1985. № 4. С. 7.
4. Колпаков И. Ф. Шина VME и ее применение // Микропроцессорные средства и системы. 1987. № 5. С. 43.
5. IEC Technical Committee No 66: Electronic Measuring Equipment: Standart interface systems for programmable measuring apparatus, Part 2, Central Office, 1975.
6. Науман Г. и др. Стандартные интерфейсы для измерительной техники / Г. Науман, В. Майлинг, А. Шербина. М.: Мир, 1982.
7. Multiple Controllers in a Single Crate, Report EUR 6500e, ESONE Committee, 1978.
8. Виноградов В. И. Дискретные информационные системы в научных исследованиях. М.: Атомиздат, 1976.
9. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / Под ред. У. Томпкинса, Дж. Узбстера. М.: Мир, 1992.

Оглавление

Предисловие.....	3
1. Порты ввода-вывода.....	4
1.1. Практическое задание 1.....	6
2. Стандарт КАМАК.....	7
2.1. Основные положения стандарта КАМАК.....	8
2.2. Конструктивная совместимость.....	8
2.3. Электрическая совместимость.....	8
2.4. Информационная совместимость.....	9
2.5. Конструкция магистрали.....	11
2.6. Взаимодействие блоков и контроллера.....	13
3. Контроллер крейта КАМАК.....	15
3.1. Форматы внутренних регистров.....	16
3.2. Система LAM-запросов в K0607.....	17
3.3. Подключение к IBM PC крейта КАМАК.....	18
3.4. Практическое задание 2.....	20
3.5. Общие правила работы с КАМАК-модулями.....	22
Приложение.....	23
1. Основные характеристики источников питания крейта.....	23
2. Функции системы КАМАК.....	23
3. Описание индикатора магистрали 332.001.....	24
Библиографический список.....	25

Кузин Геннадий Иванович

СТАНДАРТ КАМАК, ПОРТЫ ВВОДА-ВЫВОДА IBM PC

Методические указания к лабораторной работе № 2
практикума «Технические средства
автоматизации научных исследований»

Редактор С. Д. Андреева

Подписано в печать 16.09.2003 г.
Формат 60×84 1/16. Офсетная печать.
Уч.-изд. л. 1,75. Тираж 150 экз.
Заказ № 452

Лицензия ЛР № 021285 от 6 мая 1998 г.
Редакционно-издательский центр НГУ
630090, Новосибирск-90, ул. Пирогова, 2.