



**ГНЦ РФ
ИФВЭ
Отделение Электроники и Автоматизации**

В. С. Петров

**Аппаратура связи компьютеров IBM
PC с системами КАМАК, Вектор,
СУММА.**

Протвино 1999

Аппаратура связи компьютеров IBM-PC с системами КАМАК, Вектор, СУММА.

Для подключения модульных систем электроники КАМАК/1-4/, Вектор/5/, СУММА/6/ к шинам ISA персональных компьютеров IBM-PC был разработан комплекс аппаратных средств, включающий в себя интерфейсную плату контроллера канала стойки PC-BD, каркасный контроллер системы КАМАК СС-А2 и блок нагрузки сигналов канала стойки ВТ (для систем Вектор, СУММА, аналогичные каркасные контроллеры и блоки нагрузки уже существуют и производятся в ИФВЭ). Контроллер канала стойки PC-BD реализует выполнение всех команд, предусмотренных стандартами /1-4/ и обеспечивает подключение до 7 каркасов, оснащенных каркасными контроллерами типа А или типа А2 /2,3/ с максимальной длиной кабеля канала стойки до 10 м.

Контроллер канала стойки PC-BD.

Контроллер канала стойки PC-BD представляет собой печатную плату для подключения к шине ISA компьютера IBM-PC аппаратуры систем КАМАК, Вектор, СУММА, и содержит в себе интерфейс с компьютером (IPC) и схему управления каналом стойки КАМАК (BD). Системы Вектор и СУММА полностью соответствуют системе КАМАК и отличаются только конструктивным исполнением, поэтому далее в тексте только система КАМАК.

Интерфейс IPC.

Контроллер является внешним устройством для компьютера и обеспечивает 8-16-ти разрядный обмен данными по шине ISA. Он содержит 6 внутренних регистров, базовые адреса которых задаются с помощью переключателей на плате в диапазоне от 200h до 3F0h:

- регистр статуса STR	- адрес xx0h
- регистр управления CNR	- адрес xx2h
- регистр текущего адреса CAR	- адрес xx4h
- регистр блочных передач BTR	- адрес xx6h
- регистр данных LDR	- адрес xx8h
- регистр старшего байта данных HDR	- адрес xxAh.

По служебным сигналам **BD** и при наличии соответствующих разрешений, задаваемых программно, **IPC** формирует запросы на прерывание компьютера. Уровень прерываний (IRQ 10,11,12,15) задается переключателями на плате.

Предусмотрена возможность передачи данных по каналу прямого доступа в память для режимов блочных передач в соответствии со стандартом EUR 4100 suppl./4/. Переключатель на плате позволяет задавать номер канала ПДП (6 - 7).

С помощью переключателя на плате можно изменять и разрядность обмена данными в канале стойки - 16-ти или 24-х разрядный.

Назначение и расположение всех переключателей показано на рис.4 прилож.1.

Схема управления каналом стойки BD обеспечивает формирование и передачу команд КАМАК, таймирование операций и обмен данными в канале стойки в соответствии со стандартом EUR 4600e /3/. Предусмотрены возможность программно управляемого сброса PC-BD, выполнения операции

инициализации канала стойки BZ и операции чтения сигналов LAM (BG), а также одновременного обращения ко всем подключенным каркасам. Состояние статусных сигналов BQ, VX и таймирующих сигналов ВТВ канала стойки во время выполнения текущей операции фиксируется в статусном регистре и может быть прочитано в компьютер.

Модуль позволяет выполнять однократные операции КАМАК и реализует 4 основных режима блочных передач (EUR 4100e-suppl) /4/. Передача данных в этих режимах осуществляется по каналу прямого доступа в память без участия процессора.

Внутренние регистры PC-BD.

Статусный регистр - STR.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
R	BQ	BX	BD	EI	BE	TC	CF	--	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1

- Разряд 15 – Ready R (read only) – готовность контроллера к работе. В исходном состоянии равен “1”, переходит в состояние “0” на время выполнения однократной операции КАМАК и на все время выполнения режимов блочных передач.
- Разряды 14,13 – BQ, BX (read only). Состояние этих статусных сигналов канала стойки фиксируется в регистре во время выполнения текущего цикла КАМАК и сохраняется до следующего цикла. Сброс в “0” осуществляется сигналом Reset шины ISA и программным сбросом PC-BD (см. ниже).
- Разряд 12 – Branch Demand BD (read only) – отображает состояние соответствующего сигнала канала стойки. Если этот сигнал в состоянии “1” и программно задано разрешение (разряд 12 регистра CNR), то PC-BD формирует запрос на прерывание компьютера IRQ, уровень которого задается переключателем на плате.
- Разряд 11 – External Interrupt EI (read/write) – предназначен для формирования программного (запись “1”) или аппаратного (сигнал EI, передаваемый по резервной шине канала стойки из каркасного контроллера) запроса на прерывание компьютера (при наличии разрешения – разряд 11 CNR). Установка в исходное состояние: запись “0”, сигнал Reset и программный сброс.
- Разряд 10 – Block End BE (read/write). Ставится в состояние “1” сигналами завершения режимов блочных передач и при наличии разрешения (разряд 10 регистра CNR) формирует запрос на прерывание. Сброс в “0” аналогично разряду EI.
- Разряд 9 – Terminal Count TC (read/write). Ставится в “1” сигналом TC из канала прямого доступа компьютера после передачи заданного числа слов и при наличии соответствующего разрешения (разряд 10 CNR) формирует запрос на прерывание. Сброс в состояние “0” аналогично разрядам 11-10.
- Разряд 8 – Crate Failure CF (read/write 0). Этот разряд ставится в “1” при обращении к выключенному или отсутствующему каркасу (через 2.5-3 мкс), завершает текущую операцию КАМАК и формирует запрос на прерывание (разрешением является “1” в разряде 8 регистра CNR). Установка в исходное состояние аналогична разрядам 11-9.
- Разряды 6-0 – B7-B1 (read only) – отображают текущее состояние каркасов канала стойки (сигналов ВТВ). “1” в соответствующем разряде означает, что этот каркас подключен к каналу стойки и его каркасный контроллер в состоянии “on line”.

Регистр управления - CNR.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MC	BZ	BG	BD	EI	BE	TC	CF	--	--	--	F5	F4	F3	F2	F1

- Разряд 15 - Master Clear MC (write only) – программный сброс контроллера PC-BD. Запись “1” в этот разряд служит для установки контроллера в исходное состояние (канал стойки и подключенные к нему каркасы остаются в текущем состоянии).
- Разряд 14 - BZ (write only). Запись “1” в этот разряд запускает операцию инициализации канала стойки BZ, время выполнения которой составляет около 5 мкс. Операции с регистрами PC-BD в течении этого времени запрещены и могут привести к сбою в работе контроллера.
- Разряд 13 - Branch Grant BG (write only) служит для задания операции чтения сигналов требований на обслуживание LAM из адресуемого (или всех одновременно – см. описание регистра CAR) каркасов. Во время последующей операции КАМАК их состояние записывается в регистры данных контроллера и далее может быть считано в компьютер. По окончании операции КАМАК разряд BG сбрасывается в состояние “0”.
- Разряды 12-8 (read/write) служат для разрешения формирования запросов на прерывание компьютера по соответствующим сигналам регистра STR. Установка в исходное состояние этих разрядов осуществляется записью “0”, сигналом Reset и программным сбросом контроллера.
- Разряды 4-0 – F5-F1 (read/write) служат для задания двоичных кодов функций КАМАК. По окончании операции эти разряды остаются в заданном состоянии и сбрасываются в “0” аналогично разрядам 12-8.

Регистр текущего адреса - CAR (read/write).

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
C3	C2	C1	N5	N4	N3	N2	N1	--	--	--	--	A4	A3	A2	A1

Регистр предназначен для задания двоичного кода номера каркаса (C3-C1), номера модуля (N5-N1) и подадреса в модуле (A4-A1). Запись в этот регистр запускает операцию КАМАК в канале стойки с функцией, предварительно заданной в регистре CNR. Если номер каркаса задан равным “0”, то последующая операция выполняется с обращением ко всем каркасам (например, для одновременного чтения всех модулей сортировщиков запросов LAM-Grader, расположенных на одноименных местах во всех каркасах). По концу операции КАМАК регистр остается в текущем состоянии (кроме режимов блочных передач данных - см. ниже). Сброс регистра в исходное состояние осуществляется сигналом Reset ISA и программным сбросом контроллера.

Регистр блочных передач - BTR (read/write).

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
C3	C2	C1	N5	N4	N3	N2	N1	--	--	--	--	op	M2	M1	BT

- Разряды 15-8 служат для задания двоичного кода конечного номера каркаса и номера места для режимов обычного (AQx) и расширенного (EQx) автоматического сканирования адресов. Установка в исходное состояние этих

разрядов осуществляется записью “0”, сигналом Reset шины ISA и сбросом контроллера.

- Разряд 3 – ор – служит для настройки контроллера PC-BD.
- Разряды 2-1 –M2-M1 предназначены для задания режимов блочных передач данных в канале стойки:
 - 00 – блочная передача UCx с одного номера места с синхронизацией обмена данными по Q ответу от адресуемого модуля;
 - 01 - блочная передача UQx с одного номера места для “медленных” устройств – передача данных по Q ответу и контроль готовности информации по сигналу LAM.
 - 10 - автоматическое сканирование адресов AQx с синхронизацией обмена данными по Q ответу и последовательным наращиванием подадресов до A=15, номеров мест до N=22 и номеров каркасов до Cr=7.
 - 11 – расширенное автоматическое сканирование EQx с передачей данных с одного места до цикла КАМАК со статусом Q=0 и X=0 (для модулей с количеством слов в каждом подадресе более 1). Наращивание номеров мест и каркасов аналогично режиму AQx.
- Разряд 0 – Block Transfer BT. Запись “1” в этот разряд означает включение режимов блочных передач (сами режимы запускаются после записи адреса CNA в регистр CAR). Сбрасывается в “0” по сигналам окончания блочных передач, записью “0” (принудительное завершение режима), сигналом Reset и программным сбросом контроллера.

Регистр данных - LDR (read/write).

Служит для обмена данными между адресуемыми модулями системы КАМАК и шиной ISA компьютера и обеспечивает передачу 16-ти младших разрядов данных (шины BRW1-16). Установка в исходное состояние - сигналом Reset и программным сбросом контроллера PC-BD.

Регистр старшего байта данных - HDR (read/write).

Аналогичен регистру LDR и обеспечивает передачу 8 старших разрядов данных канала стойки – BRW17-24 (используются только 8 младших разрядов регистра).

Режимы работы PC-BD.

Однократные операции.

1. Сброс PC-BD. Запись “1” в разряд **CNR15** (MC) выполняет сброс всех регистров PC-BD в состояние “0”, а сигнал Ready (15-й разряд регистра **STR**) ставит в состояние “1”. По концу операции контроллер готов к приему команд из компьютера.
2. Инициализация системы КАМАК. Запись “1” в разряд **CNR14** (BZ) запускает операцию BZ канала каркаса длительностью около 5 мкс. По ее окончании система КАМАК устанавливается в исходное состояние, а регистры контроллера остаются в текущем состоянии.
3. Чтение сигналов требований на обслуживание LAM. Запись “1” в разряд **CNR13** (BG) и последующее занесение требуемого номера каркаса в **CAR** (функцию чтения контроллер формирует автоматически) запускает операцию BG в канале стойки. По концу операции состояние сигналов LAM адресуемого каркаса (или всех одновременно при задании номера каркаса равным “0”) заносится в регистры **LDR-HDR** и далее может быть считано в компьютер.

4. Операция чтения модуля КАМАК. Записать двоичный код требуемой функции чтения (F7 - F0) в регистр **CNR** и необходимый адрес модуля **CNA** в регистр **CAR**. По концу записи в **CAR** выполняется цикл чтения КАМАК в канале стойки и информация из адресуемого модуля записывается в регистры данных **LDR-HDR**. Одновременно в регистре **STR** фиксируется состояние статусных сигналов **BQ, BX**. Последующими операциями чтения соответствующих регистров данные и статус могут быть прочитаны в компьютер. Для выполнения следующей КАМАК операции с той же функцией запись в регистр **CNR** не требуется.
5. Операция записи в модуль КАМАК. Записать двоичный код требуемой функции (F23 - F16) в регистр **CNR** и данные в регистр **LDR** (или в **LDR** и **HDR** - для 24-х разрядных модулей). Запись требуемого адреса модуля в **CAR** запускает цикл КАМАК, по окончании которого состояние сигналов **BQ, BX** заносится в **STR** и может быть считано в компьютер. Аналогично операциям чтения, при повторении операций записи новое задание функции не требуется.
6. Служебные функции КАМАК. Записать код функции в регистр **CNR** и адрес модуля в **CAR**. По концу операции статус будет записан в **STR**.

Режимы блочных передач данных.

1. Режимы передачи блока данных с одного места – **UCC, UCW**.

- Подготовить и включить соответствующий канал прямого доступа в память (необходимое число слов, начальный адрес буфера в памяти, направление передачи данных и т.д.).
- Записать код требуемой функции в **CNR**, код режима передачи данных (0 0 1) в **BTR** и адрес модуля в **CAR**.
- При выполнении операций чтения из модулей КАМАК, РС-BD начинает цикл в канале стойки. Если в этом цикле статусный сигнал **BQ** равен “1”, контроллер записывает информацию из адресуемого модуля в регистры данных **LDR-HDR** и формирует запрос на канал ПДП. По окончании передачи информации из регистров **LDR-HDR** в память, РС-BD автоматически запускает новую операцию с тем же адресом.
- При выполнении операций записи в модули КАМАК, контроллер вырабатывает запрос на ПДП и по окончании передачи информации из памяти в регистры данных **LDR-HDR** начинает цикл в канале стойки. Если в этом цикле статусный сигнал **BQ** равен “1”, РС-BD завершает операцию и посылает новый запрос на ПДП, а затем начинает следующий цикл в канале стойки с тем же номером модуля..
- Если в текущем цикле КАМАК сигнал **BQ** был равен “0”, контроллер (независимо от направления передачи) выключает заданный режим и ставит в состояние “0” разряд **BT** регистра **BTR**, а разряд **BE** регистра **STR** - в “1”. Это означает, что заданный режим (**UCW**) успешно завершён и вся информация из адресуемого модуля считана (записана).

- Сигнал **TC** (**Terminal Count**) из контроллера ПДП также выключает заданный режим, но при этом сигнал окончания **BE** регистра **STR** остается равным “0”, а разряд **TC** ставится в состояние “1” (режим **UCC**).

2. Режимы передачи блока данных с одного места – **UQC, UQL** (рис.1).

- Запуск режимов аналогичен запуску режимов **UCC, UCW**, за исключением кода режима (0 1 1).
- Циклы КАМАК, в которых статусный сигнал **BQ** равен “1” также аналогичны им.
- Если в текущем цикле сигнал **BQ** равен “0”, РС-BD заканчивает этот цикл, и не формирует запрос на канал ПДП, а изменяет текущую функцию

КАМАК на F8 (Test LAM) и запускает операцию в канале стойки с этой функцией.

- Если BQ в цикле с функцией F8 равен “0”, это означает, что данные в модуле не готовы. контроллер инкрементирует счетчик попыток (число

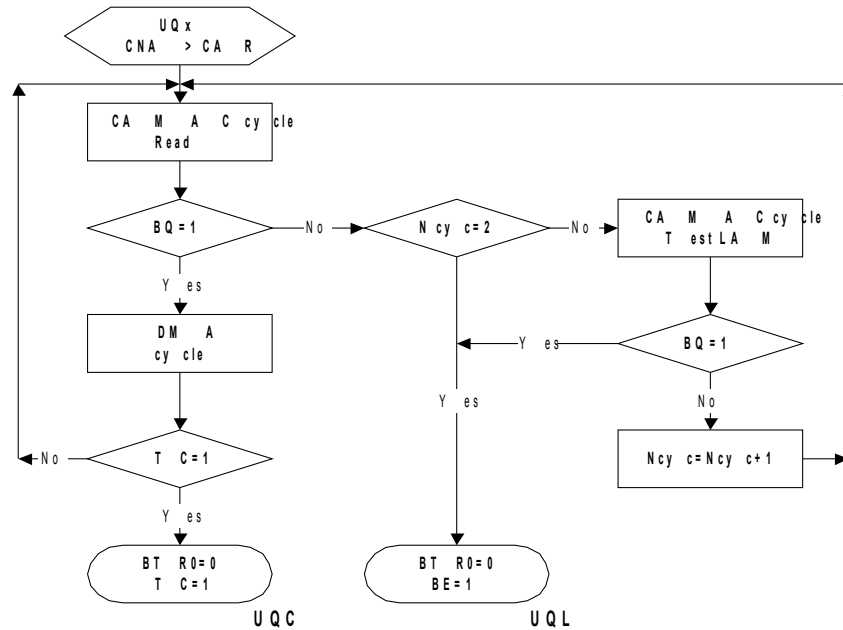


Рис.1. Алгоритм выполнения режимов блочной передачи данных с одного места UQC-UQL (операция чтения).

циклов ожидания готовности данных - 2), и вновь запускает цикл КАМАК с заданной функцией.

- Если BQ в цикле с функцией F8 равен “1”, это означает, что вся информация считана/записана в модуль. PC-BD завершает заданный режим (UQL) и ставит разряд BE регистра STR в состояние “1”. Аналогично режим завершается и при достижении счетчиком попыток значения 2.

- Выключение режима по сигналу TC от канала ПДП (режим UQC) выполняется аналогично завершению режимов UCC, UCW.

3. Режимы автоматического сканирования адресов – AQC, AQA (рис.2).

- Включение режимов аналогично описанным выше. Перед занесением

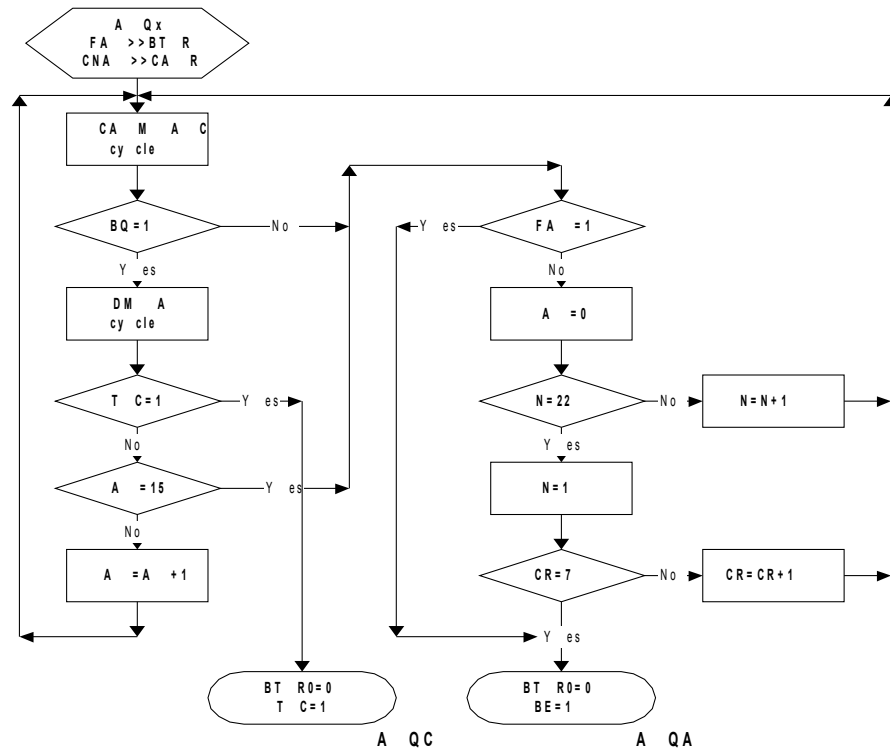


Рис.2. Алгоритм выполнения режимов автоматического сканирования адресов AQC - AQA (операция чтения данных).

адреса модуля в **CAR**, необходимо записать конечный адрес (до которого будет осуществляться передача данных) и код режима (1 0 1) в **BTR**.

- Запросы на канал ПДП выполняются в той же последовательности, что и для режимов Uxx: для операций записи - до начала цикла КАМАК, а для чтения - после цикла в канале стойки.

- Контроллер выполняет цикл КАМАК с заданным начальным адресом CNAF и проверяет состояние BQ. Если BQ = 1, данные записываются в регистры **LDR-HDR** и формируется запрос на ПДП. По окончании передачи данных из этих регистров в/из памяти, PC-BD инкрементирует подадрес A и начинает следующий цикл.

- Если BQ = 0 или подадрес в этом цикле был равен 15, PC-BD сбрасывает подадрес в "0", инкрементирует номер места модуля N и передача продолжается. При достижении номера места равного 22, контроллер ставит его равным "1" и инкрементирует номер каркаса.

- Окончание передачи данных (BT=0, BE=1) формируется при достижении конечного адреса CNAF (режим AQA) или по сигналу TC (BT=0, BE=0, TC=1) от канала ПДП (режим AQC).

4. Режимы расширенного автоматического сканирования – EQC, EQA.

- Эти режимы (код режима 1 1 1) используются для передачи данных в/из модулей с количеством информации более 15 слов. Они выполняются (рис.3) аналогично режимам Ахх, за исключением того, что подадрес А не инкрементируется пока Q-ответ равен "1", т.е. выполняются циклы передачи данных с одним и тем же подадресом. При ВQ=0 контроллер проверяет сигнал ВХ и если он равен 1, инкрементирует подадрес. По ВХ=0 осуществляется переход на следующий номер модуля в каресе.

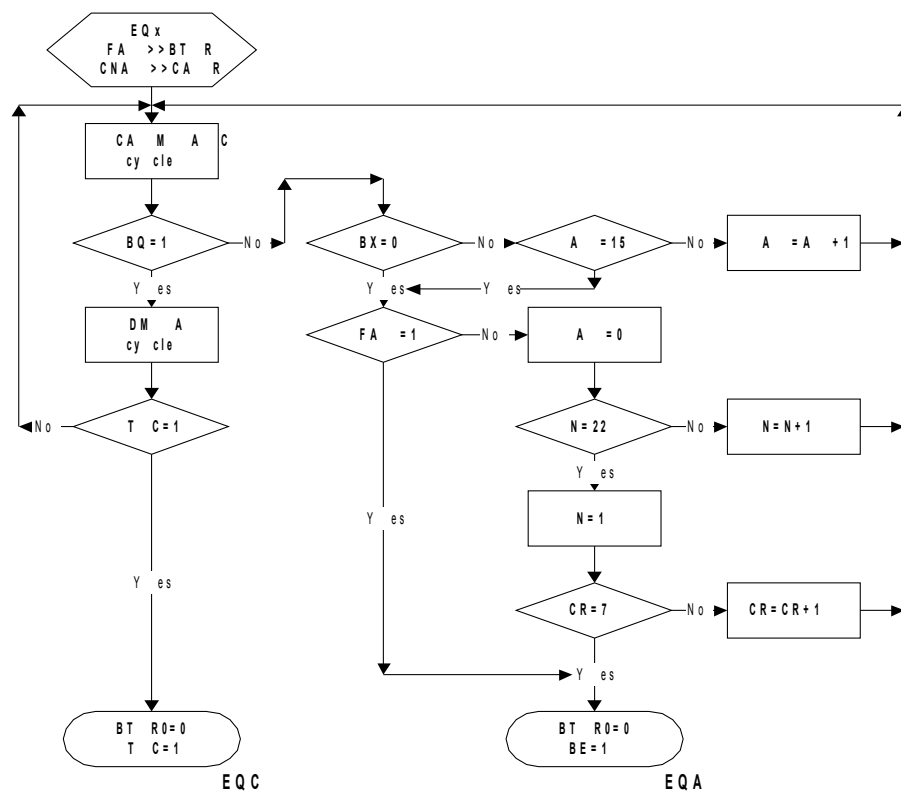


Рис.3. Алгоритм выполнения режимов расширенного автоматического сканирования адресов EQC - EQA (операция чтения данных).

Разрядность обмена данными в канале стойки.

На плате PC-BD предусмотрена возможность изменения разрядности обмена данными с помощью переключателя. Если задана 24-х разрядная передача данных, контроллер формирует 2 запроса на канал ПДП и последовательно записывает (или передает в компьютер) данные в **LDR**, а затем в **HDR** и начинает цикл КАМАК. Для 16-ти разрядного обмена формируется один запрос и информация заносится только в **LDR**. При выполнении однократных циклов КАМАК положение переключателя игнорируется.

Контроллер PC-BD реализован на базе ПЛИС EPM7128SLC84 фирмы ALTERA, что позволило существенно уменьшить количество используемых микросхем, а, следовательно, сократить время на изготовление и настройку платы.

Контроллер каркаса CC-A2.

Контроллер CC-A2 полностью соответствует документам EUR-4100e, EUR-4600e и EUR-6500e /1-4/ (в том числе, по разрядности передаваемых данных -24 разряда) и выполняет все функции каркасного контроллера типа A2 /3/. Он обеспечивает доступ к каналу каркаса КАМАК из ЭВМ (по каналу стойки) как в режиме R/G, так и ACL, а также реализует возможность работы вспомогательных (дополнительных) контроллеров в этих же модах.

Контроллер выполняет следующие команды:

- N(28)A(8)F(26) - генерирование сигнала Z в канал каркаса.
- N(28)A(9)F(26) - генерирование сигнала C в канал каркаса.
- N(30)A(9)F(26) - включение сигнала I.
- N(30)A(9)F(24) - выключение сигнала I.
- N(30)A(9)F(27) - тест сигнала I (по Q ответу).
- N(30)A(10)F(26) - разрешение сигнала BD.
- N(30)A(10)F(24) - запрещение сигнала BD.
- N(30)A(10)F(27) - тест разрешения формирования сигнала BD
- N(30)A(11)F(27) - тест сигнала BD (по Q ответу).
- N(30)A(0-7)F(0) - чтение сигналов GL из LAM-Grader.

По команде с номером места N(26) контроллер вырабатывает сигналы на все линии номеров мест N1-N22, что позволяет выполнять одинаковые функции во всех модулях каркаса одновременно.

Контроллер может быть отключен от канала стойки с помощью тумблера на передней панели (On/Off line). Индикатор номера каркаса на передней панели при этом гаснет, и контроллер не выполняет циклы канала каркаса по сигналам канала стойки, но может генерировать операцию инициализации каркаса Z при нажатии соответствующей кнопки на передней панели. При работе “в линию” сигнал кнопки блокируется.

В контроллере предусмотрена возможность формирования сигналов запроса на прерывание ЭВМ по “внешним” сигналам EI (External Interrupt), например, от триггерной электроники. Переключатель на плате контроллера (рис.5) позволяет изменять назначение разъема I на передней панели и переключать его на прием внешних сигналов уровня NIM. Поступающие сигналы по каналу стойки передаются в контроллер PC-BD и используются для формирования запросов на прерывание (при этом, только один контроллер СС-А2 в канале стойки может быть включен в режим генерации внешнего прерывания).

Конструктивно контроллер представляет собой модуль КАМАК двойной ширины и занимает в каркасе два места - управляющее и нормальное. На передней панели блока расположены: два разъема канала стойки (ГРППМ2-62Г), высокочастотные разъемы сигналов RQ, GI, GO и сигнала I (уровни сигналов - ТТЛ), светодиоды индикации сигналов I, D, B и режима ACL, тумблер задания режима работы контроллера (On/Off line), кнопка формирования сигнала Z и цифровой индикатор заданного номера каркаса (переключатели номера каркаса, режима работы R/G – ACL и назначения разъема I расположены на печатной плате контроллера ССА-21 – рис.5 приложения 1). На задней панели контроллера расположены разъемы для подключения вспомогательной магистрали /3/ и модулей обработки сигналов требований на обслуживание канала каркаса LAM-Grader /2/.

Блок нагрузки сигналов канала стойки.

Блок нагрузки сигналов канала стойки (Branch Termination Unit) ВТ полностью соответствует стандарту EUR-4600e /2/, обеспечивает согласование всех сигналов канала стойки и представляет собой модуль КАМАК двойной ширины. Наличие двух разъемов на передней панели позволяет использовать его в качестве модуля нагрузки как в конце, так и в начале канала стойки (для “длинных” - более 5 м” кабелей каналов стоек необходимо согласование с обеих сторон). Отличием от “стандартных” блоков нагрузки являются типы разъемов, используемых для подключения канала стойки (ГРППМ2-62Г).

Литература.

1. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. EUR-4100e, Luxembourg, 1972.
2. CAMAC. Organization of Multi-Crate System. EUR-4600e, Luxembourg, 1972.
3. CAMAC. Multiple Controllers in a CAMAC Crate. EUR-6500e, Luxembourg, 1978.
4. CAMAC. Block Transfers in CAMAC Systems. EUR-4100e-suppl. Luxembourg, 1977.
5. С.С.Курочкин, И.Д.Мурин. Современная ядерная электроника. М., Атомиздат, 1975, т. II.
6. О.И.Алферова, Ю.Б.Бушнин, А.А.Денисенко и др. Препринт ИФВЭ 74-122, Серпухов, 1974.

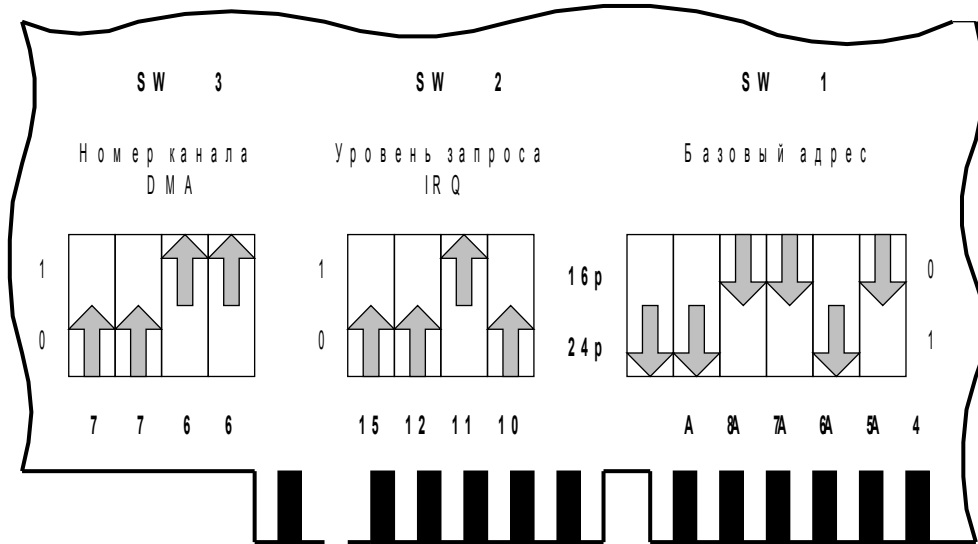


Рис.4. Назначение и расположение переключателей на плате РС-В D. Положения переключателей на рисунке соответствуют базовому адресу 320H, уровню прерываний 11 и номеру используемого канала DMA - 6, передача 24-х разрядных данных.

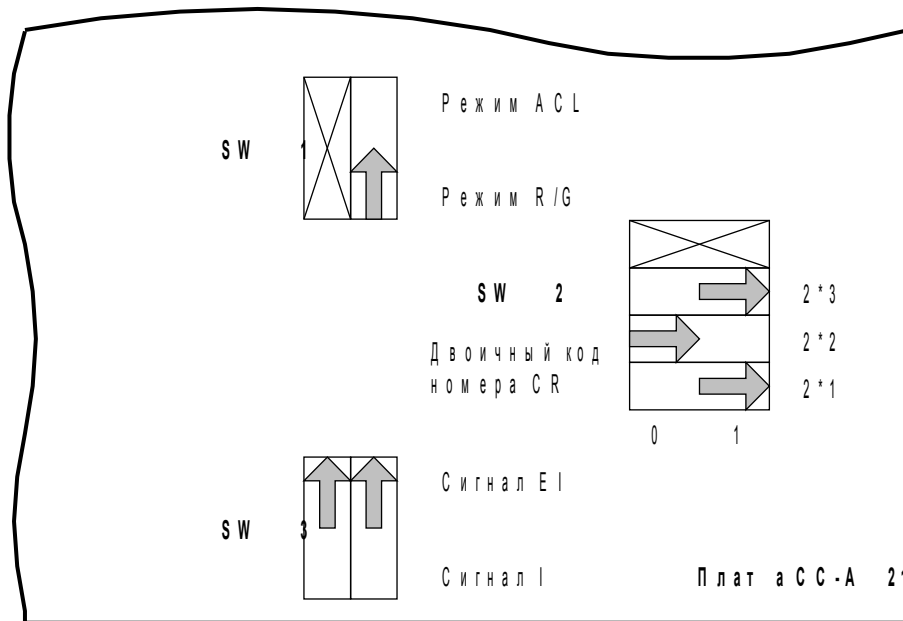


Рис.5. Назначение и расположение переключателей контроллера СС-А 2. Номер контроллера - 5, режим работы R / G, входной разъем на передней панели контроллера используется для приема сигнала внешнего прерывания E I.