



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**  
Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»

Препринт 2019–13

Е.Н. Ардашев, С.Н. Головня, С.А. Горохов, А.А. Киряков,  
В.С. Петров, В.А. Сенько, М.М. Солдатов, Ю.П. Цюпа,  
В.И. Якимчук

**Электроника считывания  
вершинного детектора установки СВД- 2**

Направлено в *ИТЭ*

Протвино 2019

**Аннотация**

Ардашев Е.Н. и др. Электроника считывания вершинного детектора установки СВД-2: Препринт НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ 2019-13. – Протвино, 2019. – 21 с., 4 рис., 3 табл., библиогр.: 5.

Описана общая архитектура электроники считывания вершинного детектора установки СВД 2.

**Abstract**

Ardashev E.N. et al. Si microstrip detector of SVD-2 setup: NRC «Kurchatov Institute» – IHEP Preprint 2019-13 – Protvino, 2019. – p. 21, figs. 4, tables 3, refs.: 5.

The architecture of the readout electronics for the silicon vertex detector of SVD2 setup is described.

## **Введение**

Начиная с 1998 и по 2019 гг. Сотрудничеством НИИЯФ МГУ, ОИЯИ и ИФВЭ был сконструирован и неоднократно модернизирован прецизионный вершинный детектор (ПВД) установки «Спектрометр с Вершинным Детектором» (СВД) ИФВЭ [1]. К настоящему времени, в связи с общей модернизацией установки (СВД 2), изменилась как конфигурация детектирующих систем, так и электроника считывания ПВД.

Новая система сбора данных с модулей микрополосковых детекторов создана на базе блоков электроники в стандарте ЕвроМисс (Многоканальная Информационная Скоростная Система, изготовленная в стандарте U6 – еврoмеханика) [4].

В данной работе изложена общая организация системы съема данных ПВД и дано описание ряда электронных блоков ПВД. В первом разделе приведена схема размещения модулей ПВД и счётчиков триггерной системы установки СВД-2. Во втором, третьем и четвёртом разделах описана архитектура электроники предварительного усиления, управления и логическая схема системы считывания данных. В пятом разделе дано описание применяемых в системе считывания электронных блоков для управления системой и амплитудного анализа данных.

### **1. Схема размещения модулей ПВД и счётчиков системы триггирования**

На рис. 1 приведена схема размещения модулей ПВД и счётчиков триггерной системы установки СВД-2.

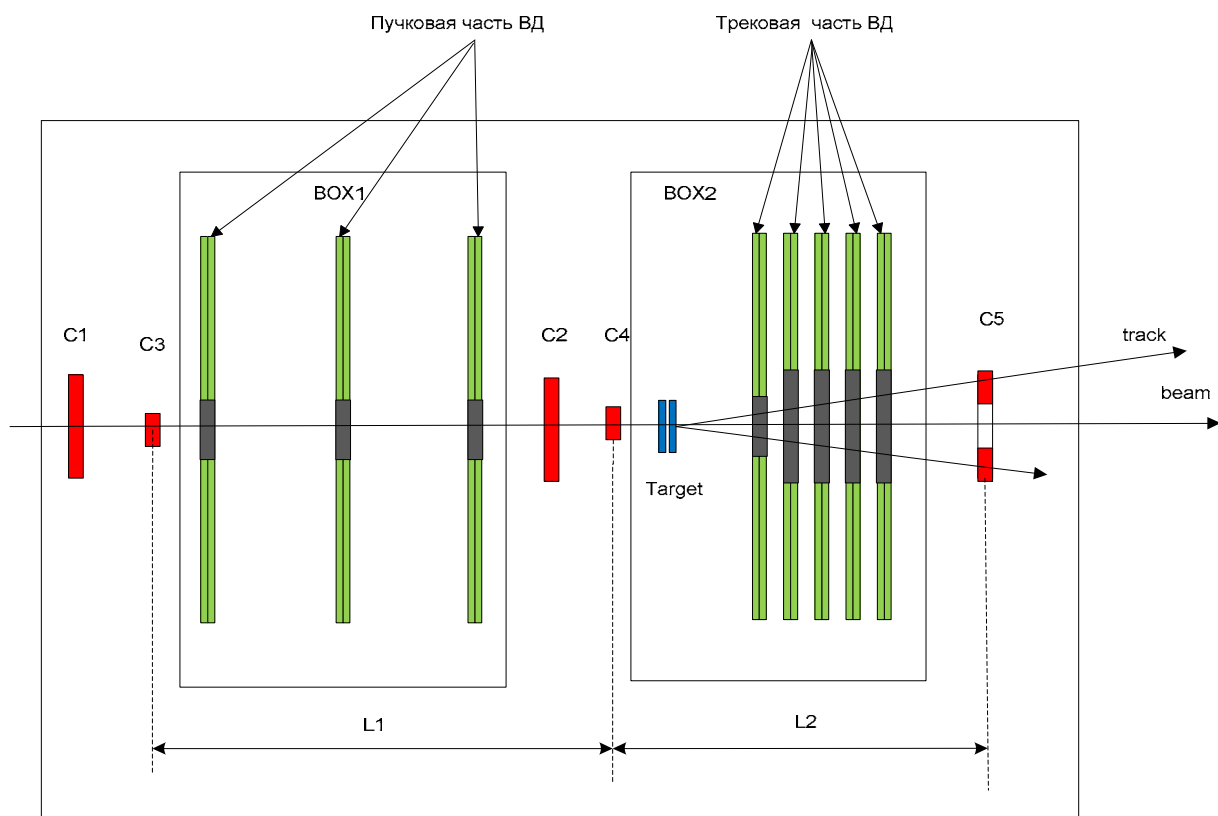


Рис. 1. Расположение сцинтилляторов триггерной логики и детекторов на платформе ВД (вид сверху).

ПВД состоит из двух частей, в состав которых входят 16 микрополосковых кремниевых детекторов (МКД). Их основные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики кремниевых детекторов ПВД

Часть ПВД	Детектор №	Кол-во детекторов	Размер, мм	Шаг стрипов, мкм	Кол-во стрип/детектор
Пучковая	МКД 1-6	6	32	28	1024
Трековая	МКД 7-8	2	32	28	1024
	МКД 9-16	8	52	56	1024
Общее кол-во		16			16384

Модули ПВД были испытаны и настроены на специализированном стенде [5].

## 2. Архитектура регистрирующей электроники

При изготовлении нового вершинного трекового детектора был учтён ранее накопленный опыт. В отличие от предыдущего варианта, детектор имеет модульную структуру, в нём используется только один тип специализированных микросхем VA1-3 (ASIC - Application Specific IC) фирмы IDEAS (Норвегия) [3]. В табл. 2 приведены основные характеристики микросхемы, существенные для регистрирующей системы.

Таблица 2. Основные характеристики микросхемы VA1-3

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
Количество входных каналов	128
Количество выходных каналов	1
Время формирования входного сигнала	~1мкс.
Коэффициент преобразования	~12.5 мВ/фКл
Диапазон линейности	±10 МIP
Эквивалентный шумовой заряд ENC	180 +7.5 пФ
Тактовая частота мультиплексирования	Макс. 10 МГц

Конструкция модулей ПВД с данными усилителями детально описана в работе [5].

## 3. Электроника прецизионного вершинного детектора

Система сбора данных с модулей вершинного детектора расположена в домике экспериментаторов установки СВД. Система позволяет обрабатывать 10240 сигналов, поступающих с микрополоскового вершинного детектора. Состав аппаратуры регистрации и межмодульные соединения представлены на рис. 2.

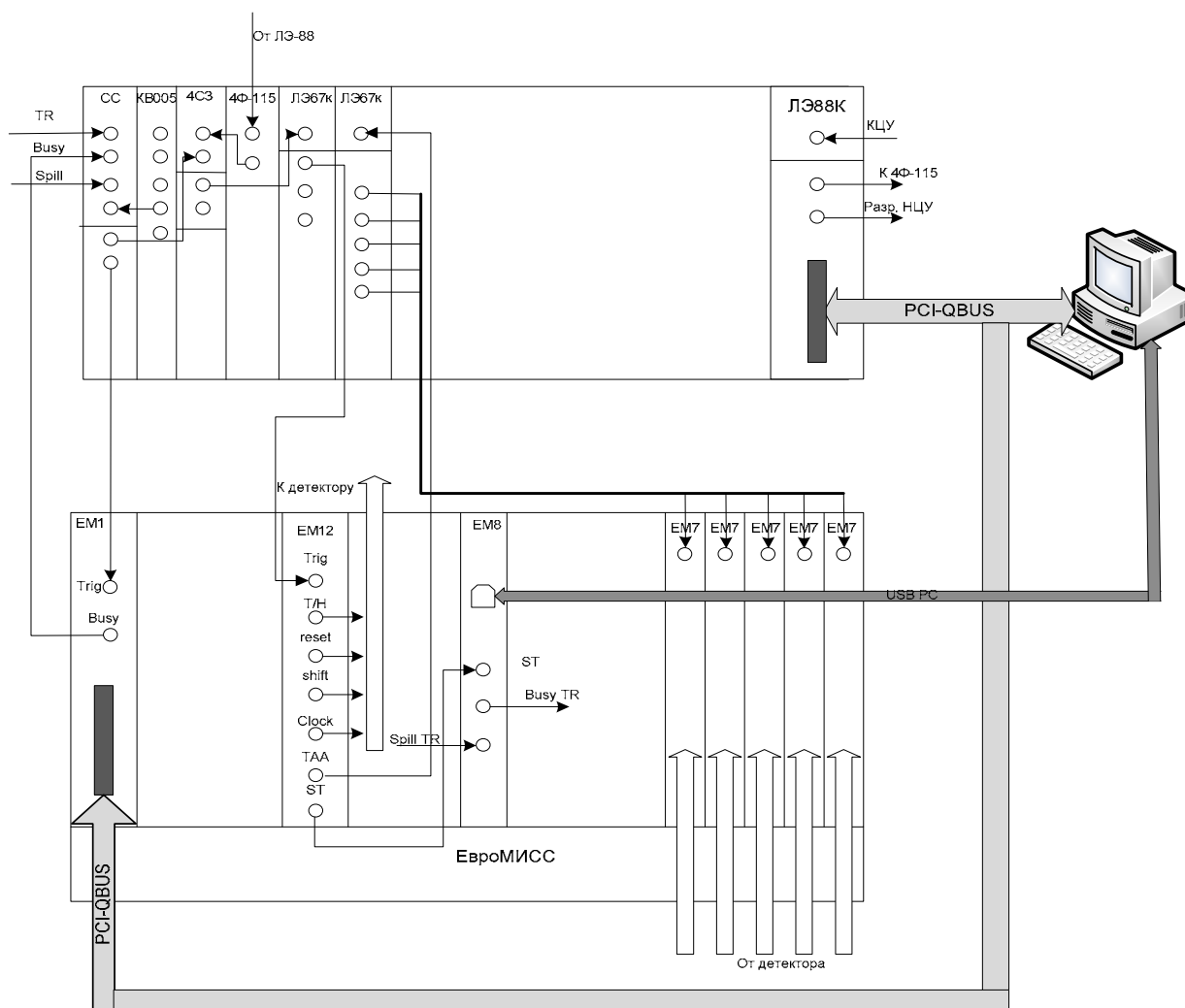


Рис. 2. Состав аппаратуры регистрации и межмодульные соединения.

Аппаратура регистрации содержит крейт КАМАК с модулями для синхронизации системной работы и крейт ЕвроМИСС. В состав крейта ЕвроМИСС входят следующие модули:

- 2048 канальные АЦП EM7;
- крейт контроллер EM1, выходящий на шину QBUS, связывающий его с PC;
- контроллер амплитудного анализа EM12;
- автономный крейт контроллер EM8, выходящий на шину USB, связывающий его с ПК.

В состав электроники считывания вершинного детектора входят стандартные модули контроллеров в стандарте ЕвроМИСС (EM1, EM8), а также специально разработанные для ПВД модули EM7 и EM12.

Конструкция каждой плоскости предусматривает подачу 2x4 управляющих сигналов с модуля EM12. На весь ВД имеем 32x4 управляющих сигналов. Для организации корректной работы ВД используются блоки разветвителей управляющих сигналов ЛЭ67К. Блоки разветвителей являются пассивными и размещены в каркасе КАМАК.

Для считывания данных с ПВД была разработана и реализована система считывания подсистемы VERTEX в ЕвроМиссе.

#### **4. Логическая схема системы считывания ПВД**

Логическая схема (рис. 3) позволяет реализовать три режима работы подсистемы ВД:

1. Работа через EM1: снятие пьедесталов в промежутках между сбросами ускорителя для проведения калибровки и самокалибровки системы.
2. Работа через EM1: пособытийный режим, в этом режиме чтение данных происходит после прихода каждого триггера.
3. Работа через EM8: работа по сбросам, в этом режиме чтение данных происходит один раз по приходу сигнала «конец сброса», данные накапливаются во внутренней памяти модулей ЕвроМИСС с присвоением каждому триггеру порядкового номера для последующей постобработки.

Для работы в разных режимах логика системы не меняется. Выбор режима работы определяется пользователем в программе сбора данных.

Для снятия пьедесталов между сбросами программа выполняет следующие действия:

В начале съема информации управляющей программой устанавливаются необходимые сигналы Busy на контроллерах крейтов EM1, затем устанавливается сигнал разрешения НЦУ\_TS, который поступает с триггерной системы (TS). Далее устанавливается режим приема сигнала КЦУ\_TS и запускается временной таймер. Подается сигнал Trig Red по 1-му выходу ЛЭ88К, отслеживается сигнал по 2-му входу EM1 и считываются данные. После проверяется временной таймер, если все в порядке, проводится расчет параметров пьедесталов и сохранение их в файл.

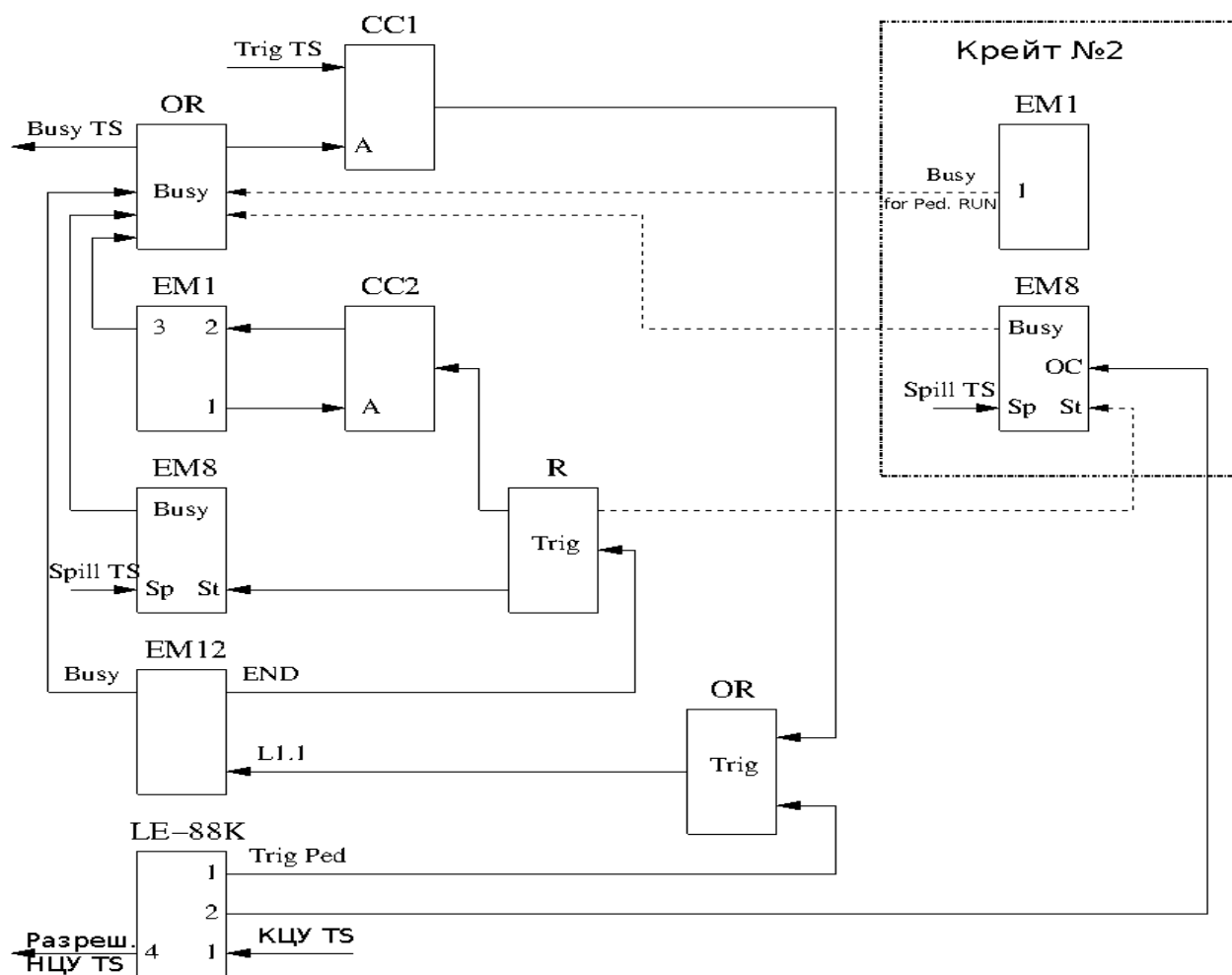


Рис. 3. Логическая модульная схема подсистемы VERTEX.

Для работы в событийном режиме управляющая программа устанавливает необходимые уровни запрещающих и разрешающих сигналов для работы с EM1, ждет сигнала по 2-му входу EM1 и считывает данные.

Для работы по сбросам управляющая программа запрещает работу через EM1 подачей управляющего потенциала по первому выходу EM1. Это переводит контроллер крейта в режим автономной работы и настраивает его на сбор и накопление экспериментальных данных.

## 5. Описание функциональных модулей системы сбора данных

### 5.1 Модуль EM12 - выработки управляющих сигналов для предусилителей VA1-3 и модулей амплитудного анализа



### 5.1.1 Общее описание модуля EM12

Модуль выполнен в стандарте ЕвроМИСС и занимает в крейте 1 место. Все входные и выходные сигналы имеют уровни NIM и передаются через разъёмы LEMO на передней панели. Используются следующие сигналы:

- вход “L1.1” – входной триггерный сигнал L1.1;
- вход “L1.2” – входной триггерный сигнал L1.2;
- вход “L1.3” – входной сигнал тестового режима;
- выход “T&H” – (Track and Hold) сигнал запоминания для “предусилителей”;
- выход “RESET” – сигнал сброса для “предусилителей”;
- выход “SHIFT\_IN” – входной сигнал сдвигающего регистра для “предусилителей VA-3”;
- выход “T-PU” – тактовый сигнал для “предусилителей”;
- выход “T-AA” – тактовый сигнал для модулей амплитудного анализа;
- выход “T-AA” – дополнительный тактовый сигнал для модулей амплитудного анализа, подключается к осциллографу для настроек;
- выход “ЗАПРЕТ L1.1” – выход блокировки для системы сбора;
- выход “END” – сигнал конца серии тактовых последовательностей;
- выход “END START” – выход для системы сбора.

На передней панели расположены также 5 светодиодов, которые индицируют состояние входных сигналов “L1.1” и “L1.2” посредством одновибраторов, а также режимы работы модуля:

- “B” – “BUSY”;
- “T” – “TEST”;
- “S” – “SPECIAL”.

### 5.1.2 Временная диаграмма работы модуля

Временная диаграмма сигналов показана на рис. 4. Временные параметры программируются командами ЕвроМИСС при инициализации модуля. Значения параметров определяются экспериментально в процессе калибровки вершинного детектора и при наборе данных. Требуемые значения параметров и их ожидаемые величины для VIK-EM7 приведены в табл. 3.

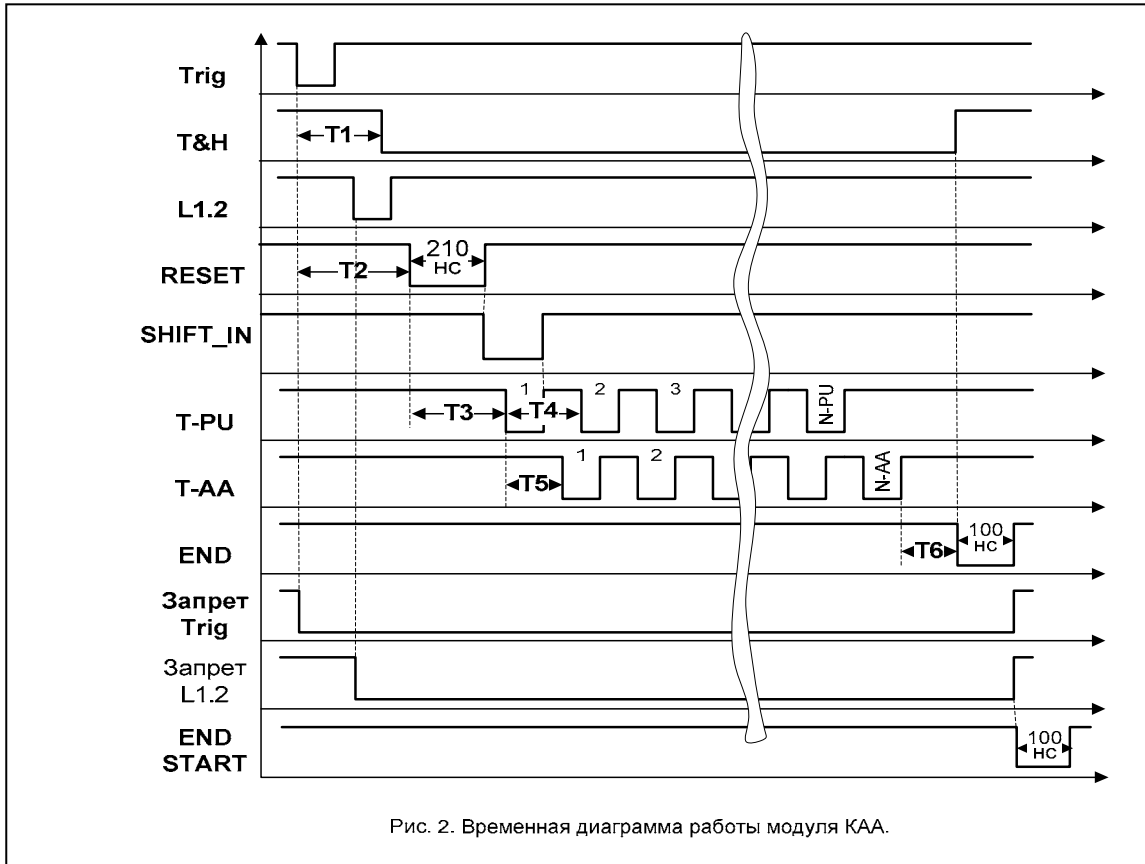


Рис. 4. Временная диаграмма работы модуля EM12.

Таблица 3.

Параметр	Tmin	Tmax	D	Диапазон значений	VA-EM7	
					T(нс)	D
T1	130 нс	2080 нс	0 – 15	$T1=(D+1)*Tmin$	1300	9
T2	130нс	2080 нс	0 – 15	$T2=(D+1)*Tmin$	1300	9
T3	30 нс	480 нс	0 – 15	$T3=(D+1)*Tmin$	210	6
T4	20 нс	340 нс	0 – 15	$T4=Tmin*(D+2)$	100	4
T5	10 нс	-	1 – 63	$T5=D*Tmin$	-	-
T6	30 нс	450 нс	1 – 15	$T6=D*Tmin$	210	7
N-PU	1	256	0 – 255	D+1	128	128
N-AA	1	256	0 – 255	D+1	131	131

D – число, записываемое в EMКАА.

Для N-PU и N-AA приведены количества импульсов.

### 5.1.3 Алгоритм работы модуля

По приходу триггера уровня L1.1 вырабатываются сигналы:

- ожидание триггера L1.2 (на рис 1. не показан) длительностью T2;
- сигнал запоминания “Т&Н” (Track and Hold) для управления предусилителями, задержанный относительно L1.1 на время T1;
- запрет на прохождение следующего триггера “запрет L1.1”.

Если в течение промежутка времени T2 сигнал триггера уровня L1.2 не приходит, то сбрасываются:

- сигнал запоминания “Т&Н”;
- сигнал запрета на L1.1.

После этого модуль готов к приёму следующего триггера.

Если L1.2 приходит в течение промежутка времени T2, то вырабатываются следующие сигналы цикла амплитудных преобразований:

- “запрет L1.2”;
- по окончании времени T2 выдаётся сигнал “RESET” длительностью 210 нс;
- серия тактовых импульсов “Т-PU”, задержанная на время T3 относительно начала сигнала “RESET”. Период импульсов определяется временем T4. Скважность – 2. Количество импульсов в серии определяется числом, записанным в N-PU;
- начало сигнала “SHIFT\_IN” вырабатывается по заднему фронту сигнала “RESET” и заканчивается по заднему фронту первого полупериода первого импульса сигнала “Т-PU”;
- серия тактовых импульсов “Т-АА”, задержанная на время T5 относительно начала серии импульсов “Т-PU”. Период импульсов определяется временем T4. Скважность – 2. Количество импульсов в серии определяется числом, записанным в N-АА;
- сигнал “END”, который задержан относительно конца последнего импульса в сериях “Т-PU” и “Т-АА” на время T6. Его длительность фиксирована и составляет 100 нс;
- по переднему фронту сигнала “END” сбрасывается сигнал “Т&Н”;
- по заднему фронту сигнала “END” сбрасываются сигналы “запрет L1.1” и “запрет L1.2” и вырабатывается сигнал “END START”.

По завершении описанного цикла модуль готов к приёму следующих триггерных сигналов.

## 5.2 Модуль амплитудного анализа EM7

Для цифрового преобразования сигналов с предусилителей VA1-3 был разработан модуль EM7

### 5.2.1 Общее описание модуля EM7

Модуль выполнен в стандарте ЕвроМИСС и занимает в крейте 1 место. На печатной плате модуля, вблизи передней панели, установлены джамперы (3 –штырька). При замыкании ближнего к передней панели штырька и среднего, сигнал на вход АЦП поступает гальванически развязанным, номинал конденсатора 0,1 мкф, постоянная времени входа  $\sim 0,1$  мс. При этом «базовая линия» на вход ADC не поступает. Если замкнуты дальний от передней панели штырёк и средний, то сигнал на вход АЦП поступает непосредственно. Входное сопротивление в обоих случаях равно 50 Ом.

Регулировка напряжения компенсации «базовой линии» осуществляется посредством 12-разрядного ЦАП и согласующего операционного усилителя. Схема построена таким образом, что при отсутствии напряжения «базовой линии» с детектора (или при использовании гальванической развязки) компенсирующее напряжение следует устанавливать примерно в середину динамического диапазона ЦАП, т.е. следует записать в него код примерно 2048. Этот код соответствует  $U$  компенсации базовой линии  $\approx 0$  вольт. Увеличение кода соответствует опусканию в «-» напряжения компенсации «базовой линии» и **увеличению** выходного кода из АЦП соответственно, уменьшение кода – подъёму в «+» напряжения компенсации «базовой линии» и, соответственно, **уменьшению** выходного кода из АЦП. Следует иметь в виду, что результирующее напряжение, которое поступает на вход ADC AD9200, представляет собой сумму, а именно

$U_{\text{сигнал}} + U_{\text{компенсации базовой линии}}$

-здесь « $U$  компенсации базовой линии» – аналоговый эквивалент цифрового кода, записанного в ЦАП.

Значения пьедесталов индивидуальны для каждого канала детектора, соответственно для их компенсации в модуль должны быть занесены их значения в количестве  $16 \times 128$  штук.

Регистрируемые модулем сигналы могут иметь, как положительную, так и отрицательную полярности. Устройство вычитания (подавления) пьедесталов должно «знать», сигналы какой полярности следует обрабатывать. Для этого необходимо предварительно записать значения полярности для каждого из 16-ти каналов АЦП. На передней панели модуля индицируется полярность, определённая для каждого входа («горящий» светодиод-положительная полярность). При вычитывании данных в режиме ПЧИ («боевом») 10-й разряд DA10 в слове данных показывает полярность (может пригодиться при обработке).

Данные, вычитанные из модуля, для различных полярностей сигналов следует интерпретировать по-разному. Так, для положительных сигналов значения результирующего сигнала равны

$$U_{\text{result}} = U_{\text{adc}} - U_{\text{ped}}$$

Для отрицательных сигналов значения результирующего сигнала определяется той же формулой, однако для получения корректных значений следует двоичное число  $U_{\text{result}}$  проинвертировать и добавить единицу.

Для работы с отрицательными сигналами (при отсутствии базовой линии в сигнале) следует напряжение компенсации «базовой линии» установить близким к 1023 отсчётам, чтобы попасть в область работы АСD-положительные напряжения. Пьедесталы при этом получатся достаточно большой величины. При наличии напряжения «базовой линии» следует это соответствующим образом учитывать.

Каждый из 16-ти каналов модуля может регистрировать до 128 сигналов. Период поступления сигналов от 170 нсек до 2 мсек.

В нашем случае мы имеем дело с положительными сигналами, поэтому модуль EM7 программируется соответствующим образом.

## 5.3 Контроллер крейта ЕвроМИСС ЕМ1

### 5.3.1 Общее описание модуля ЕМ1

Модуль выполнен в стандарте ЕвроМИСС и занимает в крейте 1 место. Модуль обеспечивает программный режим работы персонального компьютера (ПК) с сектором «ЕвроМИСС». Связь контроллера с ПК осуществляется через адаптеры ISA-Qbus или PCI-Qbus. Контроллер содержит следующие функциональные узлы:

16-разрядный регистр адреса (РА) – хранит полный адрес регистра «ЕвроМИСС» для выполнения операций записи/чтения в адресном режиме;

16-разрядный регистр данных (РД) – хранит информацию, подлежащую записи в выбранный регистр, или информацию, полученную от выбранного регистра при выполнении операции чтения в адресном режиме;

8-разрядный регистр управления (РУ) – определяет режим работы сектора (АП, ПЧН, ПЧИ или АР) и состояние сигналов УР0 – УР5;

16-разрядный статусный регистр (РС) – содержит информацию о состоянии контроллера и магистрали сектора;

два блока памяти по 1К 16-разрядных слов каждый. Эти блоки хранят информацию, получаемую от регистрирующих модулей в режимах последовательного чтения. Один блок памяти (АЗУ) хранит адресную часть информации, второй (ДЗУ) – код данных.

Дешифратор команд шины Qbus вырабатывает сигналы записи/чтения для регистров контроллера и блоков памяти.

Контроллер является ведомым устройством для шины Qbus и выполняет операции ввода-вывода по адресам А0, А0+2, А0+3, А0+4, А0+6, А0+010, А0+012, А0+013, А0+014 и А0+016. А0 – 16-разрядный код базового адреса, а значения смещений – восьмеричные константы. Наименьшее значение базового адреса – 0170000 (восьмеричный код, четыре старших разряда которого зафиксированы и имеют значение логической единицы). Четыре младших разряда определяют относительный адрес, а восемь промежуточных – задаются переключателями, расположенными на печатной плате.

Код смещения (или относительный адрес) указывает на один из внутренних узлов контроллера:

Смещение	Узел
0	Статусный регистр
2	Регистр адреса: при записи кода адреса вырабатывается цикл чтения в магистрали сектора
3	Регистр адреса: при записи кода адреса вырабатывается цикл записи в магистрали сектора
4	Регистр вектора и маски для режима прерывания
6	Регистр управления
010	Регистр данных
011	Запись статуса выходных синхросигналов по КДА02-КДА00
012	При чтении - статус режима ПЧ, при записи – вывод синхросигнала на разъем, соответствующий коду КДА01-КДА00
013	При записи – снятие потенциального синхросигнала с разъема, соответствующего коду КДА01-КДА00
014	Адресная память (АЗУ) режимов ПЧ
016	Память данных (ДЗУ) режима ПЧИ

#### Статусный регистр (РС):

Адрес регистра  $Arс=A0$ . Разряды 15, 11-3 доступны для чтения, разряды 2-0 – для чтения/записи. При записи в данный регистр кода с единичным значением старшего разряда в магистраль сектора будет выдан сигнал ОС.

15	14..12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-	ТСС	-	СИ2	СИ1	АР	ПЧИ	ПЧН	Ош	Тр	Гт	ТЗ	Т2	Т1

ТСС – тип синхросигналов для выходных разъемов РЦ00: 0 – импульсный, 1 – потенциальный.

СИ2 – состояние линии СИ2 магистрали сектора.

СИ1 - состояние линии СИ1 магистрали сектора.

АР – состояние линии АР магистрали сектора.

ПЧИ – состояние линии ПЧИ магистрали сектора.

ПЧН – состояние линии ПЧН магистрали сектора.

Ош – состояние триггера «Ошибка синхронизации». Триггер принимает состояние логической единицы, если при выполнении операции не был получен сигнал СИ2.

Тр – состояние линии Тр магистрали сектора.

Гт – состояние линии Гт магистрали сектора.

Т - Т3 – состояние входных триггеров контроллера. Запись по команде и с входных разъемов передней панели.

#### Регистр адреса (РА):

Адрес регистра  $A_{ра} = A_0 + 2$  или  $A_0 + 3$ . Содержит адрес регистра «ЕвроМИСС» при выполнении операций записи/чтения в адресном режиме.

Бит	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Назв.	П10	П9	П8	П7	П6	П5	П4	П3	П2	П1	П0	М4	М3	М2	М1	М0

Здесь М0-М5 – код номера модуля, П0-П10 – код подадреса. Регистр доступен для записи и чтения.

При записи кода в этот регистр начинается цикл операции магистрали сектора. Выбор адреса  $A_{ра} = A_0 + 2$  означает, что будет выполняться операция чтения, для операции записи следует выбрать  $A_{ра} = A_0 + 3$ .

Регистр данных (РД) – 16-разрядный регистр, содержащий информацию, подлежащую записи в модуль сектора, или прочитанную из модуля. Все разряды доступны для записи и чтения. Адрес регистра  $A_{рд} = A_0 + 010$ .

Регистр вектора и маски (РВМ) – зарезервирован для работы в режиме прерывания ЭВМ.

В настоящее время используется как тестовый регистр Qbus. Адрес регистра  $A_{рвм} = A_0 + 4$ . Все разряды доступны для записи/чтения.

Регистр управления – 8-разрядный регистр, разряды которого определяют режим работы сектора МИСС и состояние сигналов УР0-УР5 магистрали сектора. Все разряды доступны для чтения и записи.

Адрес регистра  $A_{ру} = A_0 + 6$ .



Бит		7	6	5	4	3	2	1	0
Назв.		P2	P1	УР5	УР4	УР3	УР2	УР1	УР0

УР0-УР5 – состояние сигналов управления регистрацией магистрали сектора. Контроллер не выдает эти сигналы, если сектор находится в режиме «Автономная работа».

P2-P1 – определяют режим работы сектора МИСС и контроллера ЕМ1. Режимы работы и состояние разрядов P2-P1 даны в таблице;

P2P1	Режим
0 0	Адресная передача
0 1	ПЧН
1 0	ПЧИ
1 1	Автономная работа

Адресная передача – режим, при котором для выполнения любой операции требуется занесение адреса в РА.

### 5.3.2 Режим последовательного чтения номера (ПЧН)

ПЧН – режим, используемый для чтения номеров модулей, установленных в секторе. Инициализация режима происходит записью кода 01 в разряды P2-P1. Контроллер устанавливает в секторе режим ПЧН, опрашивает все модули, а получаемую информацию записывает в память адресов (АЗУ). После завершения опроса снимается режим ПЧН, формируется статусное слово режима, формат которого приведен в таблице:

Бит	15	14	13		12-11	10...0
Название	Ош	ФОПЧ	ЗП		00	Количество слов в ЗУ

Число циклов – количество прочитанных из сектора слов. При правильной работе системы при ПЧН это число не может превышать 20.

Ош – указывает на ошибку, возникшую при выполнении режима. Ошибка возникает при отсутствии СИ2 в течение заданного времени ожидания (~500нсек) при установленных сигналах ТР и СИ1.

ЗП – память контроллера ЕМ1 содержит максимальное число слов (1000).

ФОПЧ – флаг окончания режима.

Данное слово считывается по адресу А0+012.

Чтение всего массива происходит многократной генерацией (соответственно количеству слов, полученному из статусного слова) команды чтения АЗУ (Аазу=А0+014).

Примечание. При неверной работе системы в режиме ПЧН память может заполниться, а режим ПЧН не завершиться.

### **5.3.3 Режим последовательного чтения информации (ПЧИ)**

ПЧИ – режим, используемый для сбора рассеянных данных с модулей сектора. Этот режим аналогичен режиму ПЧН. Инициализация режима происходит записью кода 10 в разряды Р2-Р1. Контроллер устанавливает режим ПЧИ в секторе, опрашивает все модули, заносит получаемую информацию во внутреннюю память адресов (АЗУ) и данных (ДЗУ), снимает режим ПЧИ, формирует статусное слово режима, в котором устанавливается в «1» флаг завершения работы (ФОПЧ). После получения ФОПЧ=1 необходимо прочитать статусное слово режима (адрес Асс=А0+012). Статусное слово ПЧИ имеет ту же структуру, что и для режима ПЧН. После чтения статусного слова выполняется чтение АЗУ и ДЗУ (Адзу=А0+016).

В режиме ПЧИ возможна ситуация, когда объем информации сектора может превысить емкость памяти контроллера ЕМ-1 (1000 32-разрядных слов). В этом случае выполнение режима приостанавливается (снимается сигнал СИ1), а в разряд ЗП будет записана 1. Для продолжения ПЧИ следует прочитать всю информацию из АЗУ и ДЗУ.

При завершении режима ПЧИ установится разряд ФОПЧ статусного слова режимов ПЧ. Следовательно, сигналами на чтение АЗУ и ДЗУ являются единичные значения ФОПЧ или ЗП. Алгоритм дан на рис. 2.

Примечание. Некоторые модули регистрирующей электроники упаковывают адресную информацию и данные в одно слово данных и в режиме ПЧИ не выдают никакой информации на адресные линии магистрали сектора. В этом случае чтение АЗУ в режиме ПЧИ не выполняют.

АР – режим, при котором модулями сектора управляет автономный контроллер.

## **5.4 Автономный контроллер ЕМ8**

### **5.4.1 Общее описание модуля ЕМ8**

Модуль выполнен в стандарте ЕвроМИСС и занимает 1 место. Автономный контроллер соответствует требованиям системы ЕвроМИСС и может работать в качестве подчинённого при наличии в каркасе системного контроллера (СК) ЕМ-1, который управляет магистралью каркаса ЕвроМИСС по командам компьютера. Автономный контроллер (АК) выполняет ряд команд чтения-записи в режиме адресной передачи

Для передачи управления автономному контроллеру СК устанавливает на линии АР (автономная работа) магистрали сектора разрешающий (отрицательный) сигнал. В этом случае АК по сигналам, поданным на его переднюю панель, осуществляет инициализацию регистрирующей электроники каркаса, сбор информации триггерного события, занесение ее во внутреннюю буферную память и передачу содержимого буферной памяти в персональный компьютер (ПК) по шине USB после завершения цикла ускорителя. Печатная плата блока позволяет иметь максимальную емкость памяти 16М 32-разрядных слов. Имеется возможность нарастить память до 32 Мслов с помощью дополнительной платы.

### **5.4.2 Режим адресной передачи**

В режиме адресной передачи можно повернуть буферную память с помощью системного контроллера ЕМ-1 и интерфейса PC-Qbus (ISA-Qbus или PCI-Qbus),

правильность передачи информации из основной памяти в ПК через USB либо через адаптер PC-Qbus, что позволит проводить тестовое сравнение массивов, полученных по двум каналам.

Команды, выполняемые АК в адресном режиме:

- MA(0)\_R – чтение 16 младших разрядов 32-разрядного слова, прочитанного из буферной памяти. Команда выдается после чтения старших разрядов;
- MA(1)\_R – генерация цикла чтения буферной памяти по указанному в RA адресу и чтение 16 старших разрядов прочитанного слова. После завершения цикла чтения памяти адресный счетчик чтения инкрементируется;
- MA(2)\_R – чтение 16 младших разрядов адресного счетчика записи (WA);
- MA(3)\_R – чтение 9 старших разрядов WA;
- MA(4)\_R – чтение 16 младших разрядов адресного счетчика чтения (RA);
- MA(5)\_R – чтение 9 старших разрядов RA;
- MA(6)\_R – чтение статуса АК при выполнении теста передачи данных в USB: ДА1=0, если АК завершил передачу блока данных;
- MA(0)\_W – запись в регистр данных (РД) 16 младших разрядов кода для последующего занесения в буферную память;
- MA(1)\_W – запись в РД 16 старших разрядов кода и запуск цикла записи в буферную память по адресу WA. После выполнения цикла записи происходит инкрементирование адресного счетчика записи;
- MA(2)\_W – запись 16 младших разрядов WA;
- MA(3)\_W – запись 9 старших разрядов WA и занесение полного адреса в адресный счетчик записи;
- MA(4)\_W – запись 16 младших разрядов RA;
- MA(5)\_W – запись 9 старших разрядов RA и занесение полного адреса в адресный счетчик чтения;
- MA(6)\_W[D=1] – пуск АК для тестовой передачи информации из буферной памяти АК в USB. Адрес первого слова массива указан в счетчике RA, а последнего – в WA.
- MA(7)\_W[D=0] – генерация сигнала «Сброс» для USB-контроллера.

В адресном режиме автономному контроллеру присвоен номер M=31.

### 5.4.3 Режим контроллера (Автономный режим)

АК работает под управлением сигналов, подаваемых на входные разъемы РЦ00 (LEMO), установленные со стороны передней панели:

- «Сброс»;
- «Spill»;
- «Строб».

АК формирует следующие выходные сигналы:

- Импульс «Time out»;
- «OVF» - переполнение буферной памяти;
- «Занят».

А) Инициализация системы происходит при подаче сигнала «Сброс». Этот сигнал устанавливает АК в исходное состояние и, будучи направлен в магистраль сектора, обеспечит исходное состояние регистрирующей электроники.

Б) Сбор данных с регистрирующих модулей. После сигнала «Строб» АК запускает процедуру ПЧИ либо через фиксированное время, запрограммированное в микросхеме EP1K50, либо по положительному фронту сигнала ГТ магистрали сектора МИСС. Если в ответ на сигнал ПЧИ АК не получит запрос TR в течение ~200 нсек, в промежуточную буферную память запишется заголовок события. При наличии TR выполняется последовательный опрос регистрирующих модулей и запись принимаемой информации в промежуточную буферную память. Когда отработает последний модуль, сигнал на линии TR примет высокий уровень, и АК завершит режим ПЧИ. На время преобразования и опроса блоков контроллер вырабатывает сигнал «Занято».

Регистрирующий модуль сектора МИСС, получивший право передачи информации, выдает слова (адрес и данные), сопровождаемые сигналом СИ2. Режим передачи – синхронный период следования 100-200 нсек. Отсутствие СИ2 более чем 300 нсек при активном значении TR приведет к аварийному завершению работы АК при обработке данного события. Кроме этого контроллер отслеживает ошибочную ситуацию, при которой суммарное число слов, полученных от всех модулей, не превысило допустимое,

что также приведет к аварийному завершению работы. Сигнал BUSY снимается после завершения чтения модулей сектора. Передача информации из промежуточной памяти в основную осуществляется во время цикла преобразования нового события. После окончания сброса ускорителя и обработки информации последнего события АК начинает передачу данных в ПК.

В) Информационный блок события. Структура блока дана в приложении. Он состоит из набора 32-разрядных слов: собственно информации, принятой от модулей и служебных слов, формируемых контроллером. АК получает при чтении регистрирующего модуля 28-разрядное слово, старшие 12 разрядов которого содержат адрес канала (номер модуля и номер канала), а младшие разряды – результат преобразования. В информационном блоке эти слова идут в порядке, соответствующем порядку опроса модулей. Начинает этот массив заголовок блока, состоящий из пяти 32-разрядных слов. Первое слово – разделитель блоков, второе слово - номер события, к которому относится массив, третье слово – 30-разрядный код временной метки данного события, четвертое слово – длительность сигнала BUSY для данного события. Один отсчет кодов времени равен 100 нс. Пятое слово содержит информацию о размере (длине) массива, типа детектора, номера АК и о наличии возможных ошибок в работе аппаратуры.

В системе возможны следующие ненормальные ситуации, при которых АК завершает опрос и формирует блок, состоящий из того числа информационных слов, какое было принято от регистрирующих модулей, а во втором слове заголовка будут установлены в единичное состояние соответствующие разряды поля «Ошибка»:

- 1) АК получил сигнал TP, но в течение заданного времени не получен сигнал СИ2. В этой ситуации АК сформирует блок с принятыми данными и установит 11-й разряд второго служебного слова в единичное состояние;
- 2) АК при опросе получил от системы число слов, превышающее допустимое. АК запишет в блок все принятые слова и установит в единичное значение 12-й разряд во втором служебном слове.

Выходные сигналы «Time out» и «OVF» предназначены для более гибкого контроля работы системы.

## Заключение

Архитектура электроники считывания прецизионного вершинного детектора установки СВД-2 разработана исходя из требований эксперимента и накопленного опыта. Характеристики кремниевых детекторов определили выбор электроники предварительного усиления. На основе выбора были разработаны специализированные модули регистрации и управления совместимые со стандартом ЕвроМисс.

## Список литературы

- [1] Е.Н. Ардашев, С.Г. Басиладзе, Г.А. Богданова и др. Вершинный микростриповый детектор установки СВД для экспериментов на ускорителе ИФВЭ. // Приборы и Техника Эксперимента, № 4, 2007, с.1.
- [2] В.В. Авдейчиков и др. Спектрометр с вершинным детектором для экспериментов на ускорителе ИФВЭ. // Приборы и Техника Эксперимента, 2013, № 1, с. 14-37.
- [3] [www.ideas.no](http://www.ideas.no)
- [4] С.И. Букреева, Н.М. Емельянов, А.Н. Исаев и др. Электронная система «ЕвроМисс» для физических установок ИФВЭ. // Приборы и Техника Эксперимента, 2014, № 6, с. 23-27.
- [5] Е.Н. Ардашев, С.А. Горохов, А.А. Киряков и др. Кремниевый микростриповый детектор установки СВД. – Препринт ИФВЭ 2016-13, Протвино, 2016.

*Рукопись поступила 19 декабря 2019 г.*

Е.Н. Ардашев и др.

Электроника считывания вершинного детектора установки СВД-2.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

---

Подписано к печати 24.12.2019.                      Формат 60 × 84/16.      Цифровая печать.

Печ.л. 1,5.      Уч.–изд.л. 2,2.                      Тираж 80.      Заказ 3.                      Индекс 3649.

---

НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ

142281, Московская область, г. Протвино, пл. Науки, 1

www.ihep.ru; библиотека <http://web.ihep.su/library/pubs/all-w.htm>



Индекс 3649

---

ПРЕПРИНТ 2019-13,  
НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ, 2019

---