



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2013–19

ОЭА

С.И. Букреева, Н.М. Емельянов, А.Н. Исаев, Ю.Д. Карпеков,
Ю.С. Киселев, В.С. Петров, В.А. Сенько, М.М. Солдатов,
Н.А. Шаланда, В.И. Якимчук

**Электронная система «ЕвроМИСС»
для физических установок ИФВЭ**

Направлено в *ИТЭ*

Протвино 2013

Аннотация

Букреева С.И. и др. Электронная система «ЕвроМИСС» для физических установок ИФВЭ: Препринт ИФВЭ 2013-19. – Протвино, 2013. – 11 с., 2 рис., 2 табл., библиогр.: 9.

Описана электронная система «ЕвроМИСС», разработанная для создания систем сбора данных физических установок ИФВЭ. Данная система является развитием системы МИСС и реализована в механическом стандарте «Евромеханика».

Abstract

Bukreeva S.I. et al. Electronic system “EuroMISS” for IHEP experimental set-ups: IHEP preprint 2013–19. – Protvino, 2013. – p. 11, figs. 2, tables 2, refs.: 9.

The electronic system “EuroMISS” for creation of apparatus for IHEP experimental set-ups is described. This system is the evolution of the system MISS and it bases on the Eurocard standard.

Введение

В ИФВЭ разработана и широко используется в экспериментальных физических установках электронная система МИСС [1]. Система включает в себя электронную аппаратуру для регистрации информации, получаемой от детекторов частиц, выработки триггерных решений и построения систем сбора данных. В процессе эксплуатации система подвергалась модификации как с точки зрения протокола передачи данных по магистрали каркаса, так и с точки зрения организации системы сбора данных. Модификация была направлена на достижение максимальной производительности при вычитывании рассеянной информации из блоков регистрирующей электроники. Так, асинхронный режим опроса регистрирующей электроники был заменен синхронным [2], что в три раза увеличило скорость передачи информации от модуля регистрации к контроллеру. Системы сбора данных вместо многоуровневой буферизации [3] стали использовать принцип буферизации информации, принимаемой за цикл ускорителя, в памяти контроллера [4]. В результате было значительно уменьшено «мертвое» время системы. Однако оставался главный недостаток системы МИСС – использование в магистрали каркаса сигналов эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ), что вызывало повышенное потребление энергии и соответственно, увеличение рассеиваемой мощности. Большинство современных электронных модулей МИСС не применяют ЭСЛ-микросхемы, но для взаимодействия с магистралью сектора требуются двунаправленные приемопередатчики 1800BA4, которые в настоящее время практически невозможно приобрести.

В 2009 году было принято решение о прекращении новых разработок регистрирующей электроники в системе МИСС. После анализа ситуации с существующими стандартами было решено, что новые разработки электронной аппаратуры будут проводиться в рамках системы «ЕвроМИСС».

Новая система сохраняет основные достоинства системы МИСС, позволяющие создавать многоканальную быстродействующую регистрирующую аппаратуру для экспериментальных установок ИФВЭ. Такими достоинствами являются возможность первичной обработки принятой от детекторов сигналов, отбор значащей информации по заданным критериям, формирование информационных пакетов и быстрой их передачи в компьютер.

1. Система «ЕвроМИСС»

В качестве блочного каркаса новой системы выбран каркас механического стандарта «Евромеханика» высотой 6U, имеющий глубину 280 мм. Название системы – «ЕвроМИСС» указывает на механический стандарт и говорит о преемственности принципов построения от системы МИСС. Основным напряжением питания системы является номинал +5 В, дополнительными +3.3 В и -5.2 В.

В блочном каркасе системы устанавливаются модули регистрации, служебные модули (например, разветвители сигналов, индикаторы) и контроллеры. Контроллер обеспечивает связь каркаса с компьютером. Как и система МИСС, новая система допускает наличие двух контроллеров: системного и автономного. Первый контроллер – универсальный, работающий по программе компьютера, применяется для управления системой. Второй – дополнительный, работает в режиме сбора данных, осуществляет опрос модулей регистрации по заданному алгоритму и передачу полученной информации в компьютер по собственному быстрому каналу. Оба контроллера применяются на физических установках, идеология которых требует наличие независимых каналов работы. В общем случае блочный каркас может управляться одним контроллером.

Магистраль каркаса системы реализована на базе кросса J1 системы VME [5]. Назначение контактов разъема ELTRA дано в табл. 1.

Таблица 1.

Контакт	А	В	С
1	Д0	-	Д8
	Д1	-	Д9
3	Д2	-	Д10
4	Д3	-	Д11
5	Д4	-	Д12
6	Д5	-	Д13
7	Д6	-	Д14
8	Д7	ВхП1	Д15
9	Корпус	ВыхП1	Корпус
10	Тр	-	-
11	Корпус	-	Ош*
12	ПЧН*	ПЧИ*	ОС*
13	СИ1*	Гт	АР*
14	Запись*	А0	-
15	Корпус	А2	А1
16	СИ2*	А4	А3
17	Корпус	А6	А5
18	БС*	А8	А7
19	Корпус	А10	А9
20	CLK	Корпус	А11
21	-	А12	А13
22	-	А14	А15
23	-	Корпус	-
24	-	УР0	-
25	-	УР1	-
26	-	УР2	-
27	-	УР3	-
28	-	УР4	CANH
29	-	УР5	CANL
30	-	-	-
31	-5 V		+3.3 V
32	+5 V	+5 V	+5 V

Примечание: (-) – резервные линии; “ОК” – сигнал формируется драйвером с открытым коллектором.

Сигналы в кроссе имеют ТТЛ логические уровни. Сигналы с низким активным уровнем помечены символом «*».

Магистраль содержит все сигналы системы МИСС. Однако новая система использует 16 адресных линий, а вместо 3-х линий кода функции применяется одна W*/R, определяющая тип выполняемой операции. Название модуля системы «ЕвроМИСС» включает в себя две буквы (EM) и через дефис порядковый номер.

2. Сигналы магистрали каркаса

1. Шина адреса (A15-A0) – двунаправленная шина, по которой в адресном режиме модулю передается код адреса для выполнения команды, в режимах ПЧН и ПЧИ – от модуля к контроллеру адресная часть информации.

Линии A4–A0 указывают номер модуля, линии A15–A5 – адрес регистра в модуле.

2. Шина данных (D15-D0) – двунаправленная шина, по которой в адресном режиме код данных передается от контроллера модулю (команда записи) или от модуля к контроллеру (команда чтения), а в режимах ПЧН и ПЧИ – от модуля к контроллеру код данных от источника с адресом в адресной части информации.

3. Шина сигналов управления регистрацией (UP5-UP0) – однонаправленная шина для передачи сигналов управления от контроллера к модулю для работы в системе сбора данных. Назначение и тип этих сигналов специфичны для различных систем регистрации.

4. Линии режимов работы сектора (ПЧИ*, ПЧН*, AP*) – сигналы на эти линии выставляет контроллер, задавая тем самым режим работы каркаса. Наличие положительных сигналов на этих линиях соответствует режиму адресной передачи данных.

5. Линии синхросигналов (СИ1*, СИ2*) – сигналы на этих линиях служат для таймирования передачи информации между контроллером и модулем регистрации. Сигнал СИ1* передается от контроллера к модулю, СИ2* – от модуля к контроллеру.

6. Сигналы инициализации (ОС, БС) – вырабатываются контроллером и служат для инициализации системы.

7. Служебные сигналы (W*, ВхП1*, ВыхП1*, Тр*, Гт, CLK, Ош*). Сигнал W*, вырабатываемый контроллером, определяет операцию записи кода данных (D15-D0) по указанному адресу (A15-A0). Сигналы ВхП1*, ВыхП1*, Тр* обеспечивают работу системы в режимах ПЧН и ПЧИ. Логика сигналов – отрицательная. Сигнал Гт может быть использован в системе для определения окончания фазы преобразования информации в модулях регистрации и их готовности к процедуре чтения. В фазе преобразования модуль регистрации посылает на линию Гт отрицательный сигнал. После заверше-

ния преобразования отрицательный сигнал снимается. На линию CLK контроллер выдает периодический сигнал частотой ~ 20 МГц.

8. Сигналы для реализации физического уровня шины CAN-bus (CANH, CANL).

9. Питание: в магистрали системы используются три номинала питания +5 В, -5 В и +3.3 В.

3. Режимы работы системы

1. Режим адресной передачи (АП). В данном режиме выполняется операция записи-чтения между контроллером и модулем регистрации в асинхронном режиме. Контроллер выставляет код адреса, данных (при записи), положительный или отрицательный сигнал W^* и с задержкой не менее 20 нсек сигнал СИ1*. Адресуемый модуль выполняет операцию и отвечает сигналом СИ2*. По переднему фронту сигнала СИ2* операция завершается. При операциях чтения по СИ2* контроллер фиксирует информацию с шины данных. Следовательно, СИ2* должен выставляться модулем после выдачи кода данных на время не менее 10 нсек.

2. Режим последовательного чтения информации (ПЧИ). Для сокращения времени опроса регистрирующей электроники режим ПЧИ не использует принцип «привет-ответ». Модуль регистрации, получивший право выдачи информации в магистраль сектора, передает эту информацию синхронно: каждое 32-разрядное слово (адрес и данные), посылаемое в магистраль каркаса, сопровождается сигналом СИ2*. Частота передачи задается самим модулем. Принимающий информацию контроллер разрешает передачу данных установлением сигнала СИ1*. В случае невозможности приема контроллер снимает СИ1*. Модуль регистрации должен завершить передачу текущего слова и перейти в фазу ожидания разрешения на продолжение передачи. Временная диаграмма работы дана на рис. 1.

Контроллер в определенный момент времени устанавливает в магистрали каркаса сигнал ПЧИ*. При наличии информации для чтения в ответ на ПЧИ* модули регистрации посылают сигнал ТР*. Если в течение 500 нс сигнал ТР* не появится, значит, каркас не содержит информации и режим ПЧИ завершается. Через 100-150 нс (t_0) после получения ТР* контроллер вырабатывает сигнал СИ1*. Этот сигнал имеет активное

состояние в течение длительности ПЧИ* и может сниматься лишь на время неспособности контроллера принимать данные (например, по причине заполнения приемного буфера). Для начала передачи данных регистрирующий модуль должен получить разрешающий сигнал Вх.П1*. Этот сигнал инициируется контроллером соседнему модулю регистрации и транслируется последующим по приоритетной цепочке (Вх.П1 – Вых.П1). Начало передачи происходит спустя время t_1 ($t_1 \sim 100$ нс). Эта задержка нужна для исключения «склеивания» информации от двух модулей. Период следования сигнала СИ2 и информации $t_2 \geq 100$ нс. После передачи всей информации регистрирующий блок снимает сигнал свой ТР* и вырабатывает разрешающий сигнал Вых.П1*. Общий сигнал ТР* снимается одновременно со снятием последнего СИ2*.

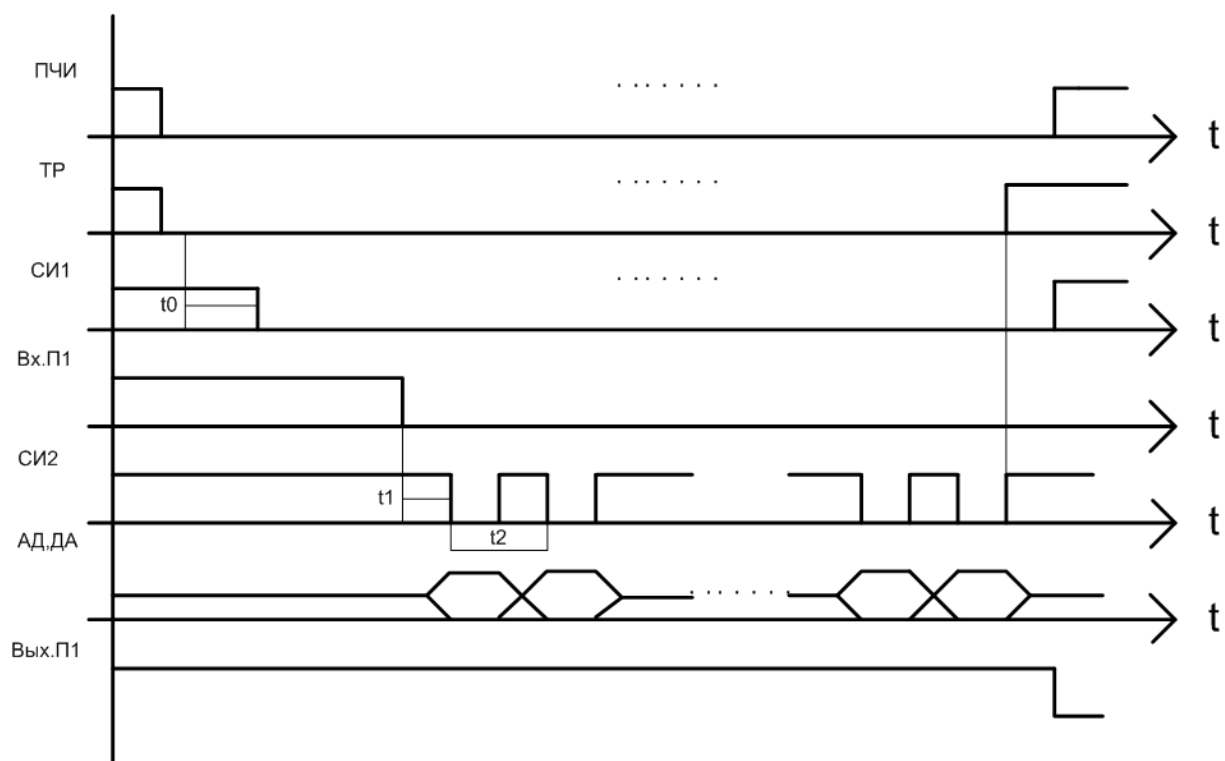


Рис. 1. Временная диаграмма режима ПЧИ.

3.Режим последовательного чтения номеров модулей (ПЧН). Данный режим аналогичен ПЧИ, но модули регистрации выдают по одному слову (код номера блока) на линии А0-А4.

4.Автономная работа. В этом режиме системный контроллер передает управление работой магистрали автономному контроллеру, устанавливая на линии АР активный уровень сигнала.

4. Медленный контроль в системе «ЕвроМИСС»

Существенным достоинством новой системы является наличие дополнительного канала для организации подсистемы медленного контроля. Данная подсистема предназначена для контроля работоспособности модулей системы по определенным параметрам (в частности, по потребляемому току) и выполнения процедуры конфигурирования как универсальных программируемых микросхем (ПЛИС), так и специализированных. Канал медленного контроля использует последовательную шину. При выборе стандарта этой шины принимались во внимание следующие требования:

- скорость передачи информации (не ниже 200 Кбит/с.);
- устойчивость шины к внешним помехам;
- реализация основных функций (адресация, арбитраж, контроль целостности данных) на логическом уровне.

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяет промышленная сеть CAN. Физический уровень сети реализован в виде дифференциальной пары (CAN-bus), а логический уровень протокола описан в стандарте ISO11898.

Подсистема медленного контроля в каждом модуле «ЕвроМИСС» выполнена в виде мезонинной платы. Основой такой платы является микроконтроллер. Один из возможных вариантов подсистемы медленного контроля представлен в работе [6]. Микроконтроллер взаимодействует с каркасным контроллером посредством шины CAN. Для взаимодействия с самим модулем предусмотрен набор протоколов (SPI, I2C, JTAG, Passive Serial).

5. Источник питания

Как уже говорилось, для разрабатываемых электронных модулей, размещаемых в блочном каркасе, необходимо иметь источник питания с тремя номиналами напряжений. Разработанный источник питания [7] представляет собой закрытый корпус, в котором располагаются три промышленных модуля питания, плата управления, вспомогательные платы и блок вентиляции, включающий шесть вентиляторов. Вентиляторы имеют производительность до 140 м³/час и обеспечивают охлаждение блочного каркаса системы «ЕвроМИСС». Источник питания управляется вручную по передней панели или удаленно по шине CAN от компьютера.

В качестве промышленных источников питания выбраны два типа модулей фирмы Mean Well [8] с выходными номиналами напряжения 5 В и 3,3 В. Данные модули имеют защиту от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения и перегрева. Максимальный ток нагрузки каждого модуля – 60 А.

6. Состав модулей системы «ЕвроМИСС»

В рамках системы разрабатываются модули для проведения экспериментов на физических установках ИФВЭ. Набор модулей включает в себя контроллеры, регистрирующую электронику для различных детекторов частиц, вспомогательную и тестовую аппаратуру. В табл. 2 представлены модули, разработанные и применяемые на установках и автоматизированных рабочих местах настройщиков аппаратуры. Подробнее эти модули будут описаны в отдельных статьях. На рис. 2 показаны блочный каркас с источником питания и модули ЕМ-1—ЕМ-10.

Таблица 2.

№	Название	Назначение
1	ЕМ-1	Каркасный контроллер Qbus-ЕвроМИСС. Для работы персонального компьютера с каркасом в программном режиме с помощью интерфейсов ISA-Qbus, PCI-Qbus [2].
2	ЕМ-2	Тестовый модуль-индикатор. Для настройки системы и проверки ее работоспособности.
3	ЕМ-3	128-канальный время-цифровой преобразователь (ВЦП) на основе микросхемы HP TDC [9].
4	ЕМ-4	128-канальный ВЦП с общим стопом. Данные постоянно с шагом 5 нс запоминаются, а по сигналу триггера вычисляются времена всех хитов за последнюю микросекунду и заносятся в ФИФО чтения.
5	ЕМ-5	Каркасный контроллер Ethernet-ЕвроМИСС. Для работы компьютера с каркасом системы в режимах управления, сбора данных и медленного контроля.
6	ЕМ-6	48-канальный модуль преобразования «заряд-цифра» для калориметров.
7	ЕМ-7	16-канальный аналого-цифровой преобразователь для обработки сигналов с микросхем типа VIKING/GASSIPLEX.
8	ЕМ-8	Автономный контроллер для работы в режиме сбора данных. Информация, принимаемая от блоков регистрации во время сброса пучка, хранится в памяти контроллера. Передача информации в компьютер осуществляется между циклами ускорителя по шине USB.
9	ЕМ-9	16-канальный пересчетный модуль с максимальной частотой счета 100 МГц и емкостью до 16 двоичных разрядов. С помощью переключателей каждые 2 счетчика могут быть объединены в один 32-разрядный счетчик. Все входные сигналы модуля сигналы с уровнями NIM.
10	ЕМ-10	Разветвитель NIM-сигналов, позволяет иметь от четырех независимых разветвителей на пять выходов каждый до одного разветвителя на 20 выходов.

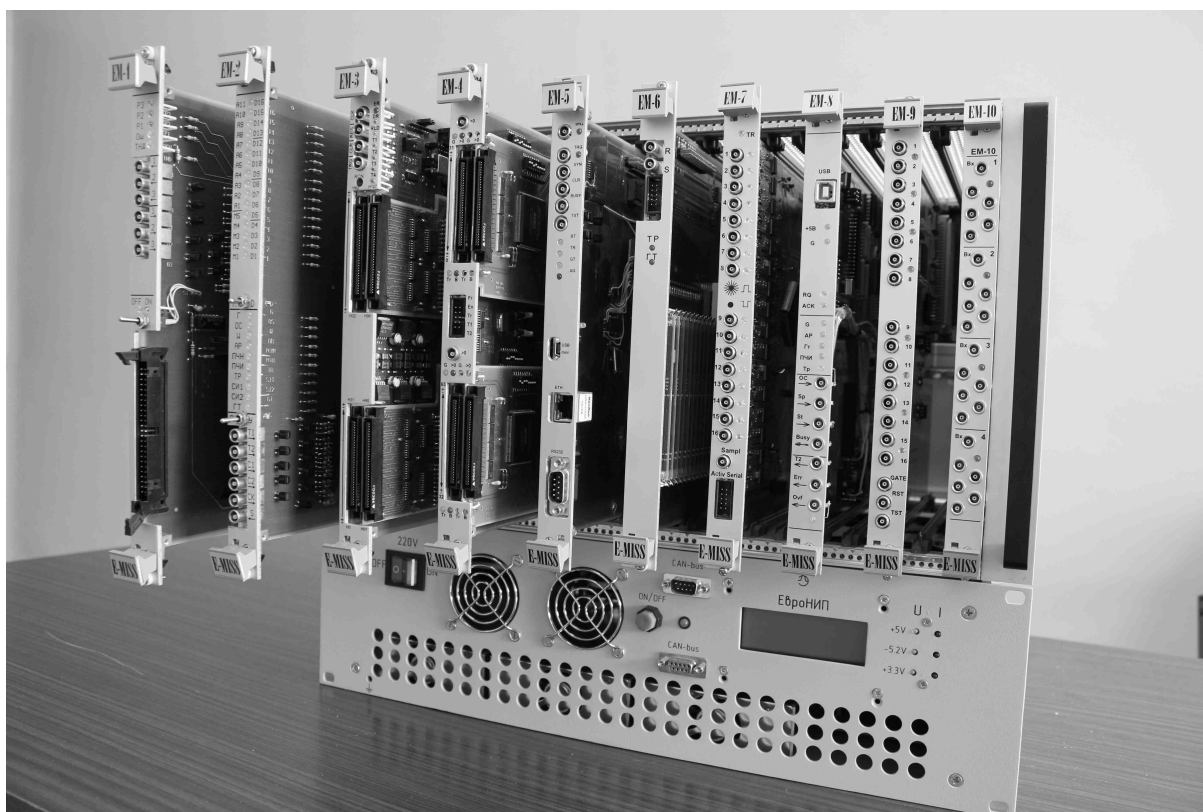


Рис. 2. Аппаратура системы «ЕвроМИСС».

Заключение

В настоящее время изготовлено 15 комплектов блочных каркасов с источниками питания: 8 комплектов установлено на рабочих местах разработчиков и настройщиков электронной аппаратуры, остальные находятся в опытной эксплуатации на физических установках ИФВЭ. На основе представленных выше модулей создаются системы регистрации для различных детекторов. Осуществлены пробные включения этих систем на пучках частиц. Скорость передачи информации в магистрали каркаса достигала 40 Мбайт/с. Ведется работа по созданию аппаратных и программных средств подсистемы медленного контроля.

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела экспериментальной физики П.А. Семенову, С.В. Рыжикову, А.П. Филину и Ю.П. Цюпе, а также сотрудникам СНЭО ОИЯИ Ю.П. Петухову и В.П. Баландину за проведение тестовых испытаний аппаратуры системы на физических установках.

Список литературы

- [1] Ю.Б.Бушнин и др. Препринт ИФВЭ 88-47, Серпухов, 1988.
- [2] В.С.Петров, В.И.Якимчук. Препринт ИФВЭ 2011-21, Протвино, 2011.
- [3] А.Н.Исаев, В.А.Сенько, В.И.Якимчук. Препринт ИФВЭ 99-31, Протвино, 1999.
- [4] В.А.Сенько, М.М.Солдатов, В.И.Якимчук. Препринт ИФВЭ 2012-20, Протвино, 2012.
- [5] VMEbus SPECIFICATION MANUAL conforms to: ANSI/IEEE STD 1014-1987 IEC 821 and 297. VMEbus International Trade Association 10229 N.Scottsdale Rd., Suite E, Scottsdale, AZ 85253 USA.
- [6] Ю.С.Киселев и др. Препринт ИФВЭ 2012-12, Протвино, 2012.
- [7] С.И.Букреева и др. Препринт ИФВЭ 2011-19, Протвино, 2011.
- [8] <http://www.meanwell.com/> – сайт фирмы-производителя модулей питания Mean Well.
- [9] J.Christiansen. HPTDC Version 1.3, CERN/EP-MIC.

Рукопись поступила 18 октября 2013 г.

С.И. Букреева и др.

Электронная система «ЕвроМИСС» для физических установок ИФВЭ.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати	22.10.2013.	Формат 60 × 84/16.	Цифровая печать.
Печ.л. 0, 95.	Уч.– изд.л. 1,25.	Тираж 80.	Заказ 35. Индекс 3649.

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ
142281, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2013-19, ИФВЭ, 2013
