



Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт физики высоких энергий
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»

ИФВЭ 2014–13
ОЭА

Н.А. Шаланда, М.М. Солдатов, В.А. Сенько

**Регистрация информации
с проволочных камер и годоскопов
на физических установках ИФВЭ**

Направлено в *ПТЭ*

Протвино 2014

Аннотация

Шаланда Н.А. и др. Регистрация информации с проволочных камер и годоскопов на физических установках ИФВЭ: Препринт ИФВЭ 2014–13. – Протвино, 2014. – 14 с., 4 рис., 5 табл., библиогр.: 7.

Описаны модули ЛЭ-73 и ЛЭ-78 системы МИСС, предназначенные для приёма и регистрации сигналов с проволочных камер и годоскопов. Использование ПЛИС АЛЬТЕРА помогло создать несколько различных вариантов функционирования блоков и адаптировать их работу для решения конкретных физических задач на экспериментальных установках. Наличие встроенной быстродействующей ОЗУ позволило построить время-цифровые преобразователи с “Общим стопом” и шагом 5 нс и накапливать данные во внутренней памяти типа FIFO.

Abstract

Shalanda N.A. et al. Multiwire chambers and hodoscope information registration on IHEP physical setups: IHEP Preprint 2014-13. – Protvino, 2014. – p. 14, figs. 4, tables 5, refs.: 7.

Registration modules for wire chambers and scintillating hodoscopes LE-73 and LE-78 in MISS system are described. Using Altera FPGA helped to create several different variants of the functioning units and adapt their work to the specific demands of various physics setups. Presence of high speed internal memory allowed us to construct time-to-digital converters with "common stop" and 5 ns step and store data in the internal FIFO.

Введение

Для регистрации сигналов с многоканальных детекторов физических установок ИФВЭ необходима синхронизация данных с детекторов на входе регистрирующей аппаратуры и триггерного сигнала, вырабатываемого специальными детекторами и определяющего время прихода события нужного типа. Формирование триггерного сигнала занимает довольно значительное время, определяемое быстродействием детекторов, участвующих в его выработке, задержками в соединительных кабелях, схемах усилителей и формирователей сигналов, блоках триггерной логики. Ранее для сигналов с детекторов использовали кабельные задержки, длина которых достигала ста метров.

Для того чтобы избежать такой массы кабелей, работающих в качестве аналоговой задержки сигналов, предлагается регистрировать и запоминать все приходящие на вход аппаратуры сигналы, а затем по приходу триггерного сигнала извлекать из памяти данные о нужных событиях и передавать в компьютер.

Для достижения этой цели были разработаны регистрирующие модули с использованием Программируемых Логических Интегральных Схем (ПЛИС), которые дают возможность создания различных функциональных схем, построенных как по принципу совпадения триггерного сигнала с регистрируемыми данными, так и в режиме цифровой задержки.

В рамках системы МИСС [1] были разработаны модули ЛЭ-73 и ЛЭ-78 для регистрации сигналов с многопроводных пропорциональных, дрейфовых камер и сцинтилляционных годоскопов. Модуль ЛЭ-73 принимает через два разъёма шестьдесят четыре парафазных сигнала в уровнях ЭСЛ, а в модуле ЛЭ-78 используются разъёмы высокой плотности для приёма 64 сигналов с уровнями стандарта LVDS.

Для модуля ЛЭ-73 были разработаны следующие варианты его использования:

- ЛЭ-73 – 64-канальный ВЦП с «Общим стопом» и шагом 5 нс;
- ЛЭ-73Р – стробируемый регистр, заменяющий модули ЛЭ-39;
- ЛЭ-73Б – 64-канальный входной регистр с памятью для координатного детектора «Мюонный годоскоп» МИФИ.

Для модуля ЛЭ-78 были разработаны следующие варианты его использования:

- ЛЭ-78 – 64-канальный время-цифровой преобразователь с «Общим стопом» и шагом 5 нс;
- ЛЭ-78В – 64-канальный время-цифровой преобразователь с «Общим стопом» для установки ВЕС;
- ЛЭ-78О – 64-канальный ВЦП с «Общим стопом» для установки ОКА;
- ЛЭ-78М – 32-канальный ВЦП с бестриггерной регистрацией для мюонного томографа ИФВЭ.

Построение модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78

Модуль ЛЭ-73 предназначен для регистрации сигналов с пропорциональных камер и сцинтилляционных годоскопов. На рис. 1 показан внешний вид модуля ЛЭ-73 и его передней панели. На передней панели располагаются два разъёма СНП58-64/94х9В-23-В, через которые подаются в модуль 64 парафазных сигнала в уровнях ЭСЛ, а также разъём “LEMO” для входного стробирующего импульса “S” и светодиодный индикатор.

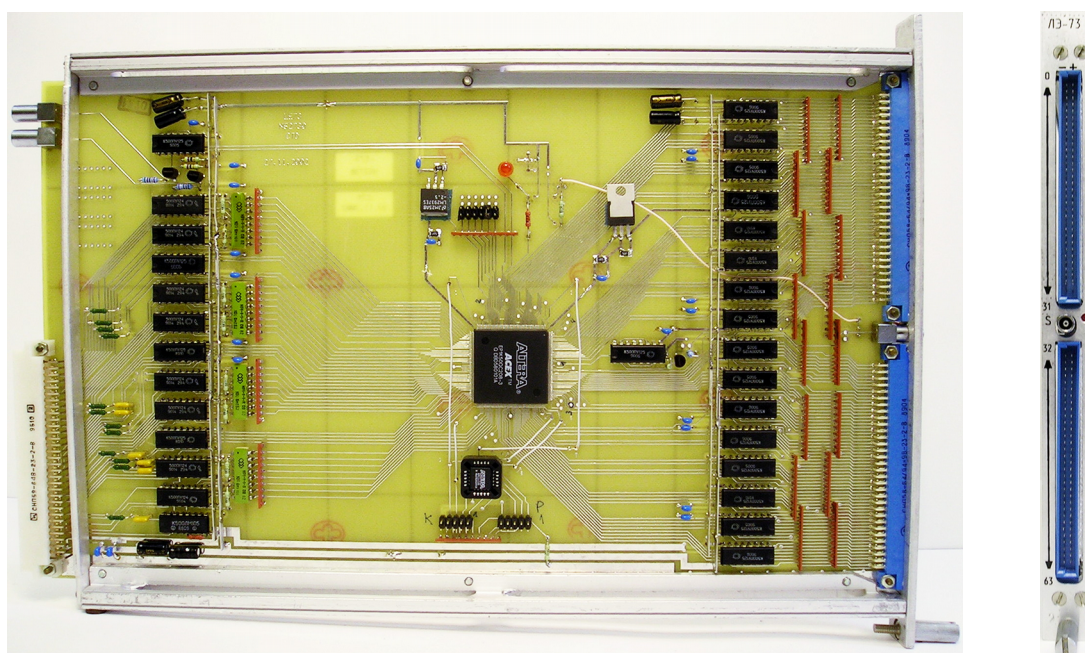


Рис. 1. Внешний вид модуля ЛЭ-73 и его передней панели.

Парафазные сигналы ЭСЛ с входных разъёмов поступают на входные преобразователи уровней К500ПУ125, с которых сигналы в уровнях ТТЛ подаются на выводы микросхемы ПЛИС фирмы ALTERA типа EP1K50QC208-3. В ПЛИС выполняются все логические функции, необходимые для работы модуля. С магистралью МИСС обмен сигналами осуществляется с использованием микросхем преобразователей уровней К500ПУ124 (ТТЛ-ЭСЛ) и К500ПУ125 (ЭСЛ-ТТЛ).

На задней панели модуля расположены два разъёма “LEMO”, которые используются для приёма сигналов “Test”, имеющие уровни NIM. Номер модуля задаётся перемычками на плате.

На передней панели модуля ЛЭ-78 (рис. 2) расположены два разъёма P50E-068P1-SR1-TG, через которые подаются 64 парафазных сигнала в уровнях LVDS. А также четыре разъёма “LEMO”, через которые поступают входные импульсы “Stop” и “Test”, и два выхода “Out1” и “Out2”, на которые выводятся сигналы “ИЛИ” всех входов соответствующего разъёма. Около каждого разъёма “LEMO” находятся светодиоды, индицирующие активность по соответствующему разъёму. Светодиод “Demand” на передней панели индицирует то, что модуль принял, обработал и готов к вычитыванию информации. Светодиод на печатной плате индицирует работу внутреннего генератора 200 МГц, частота которого поделена в два раза.

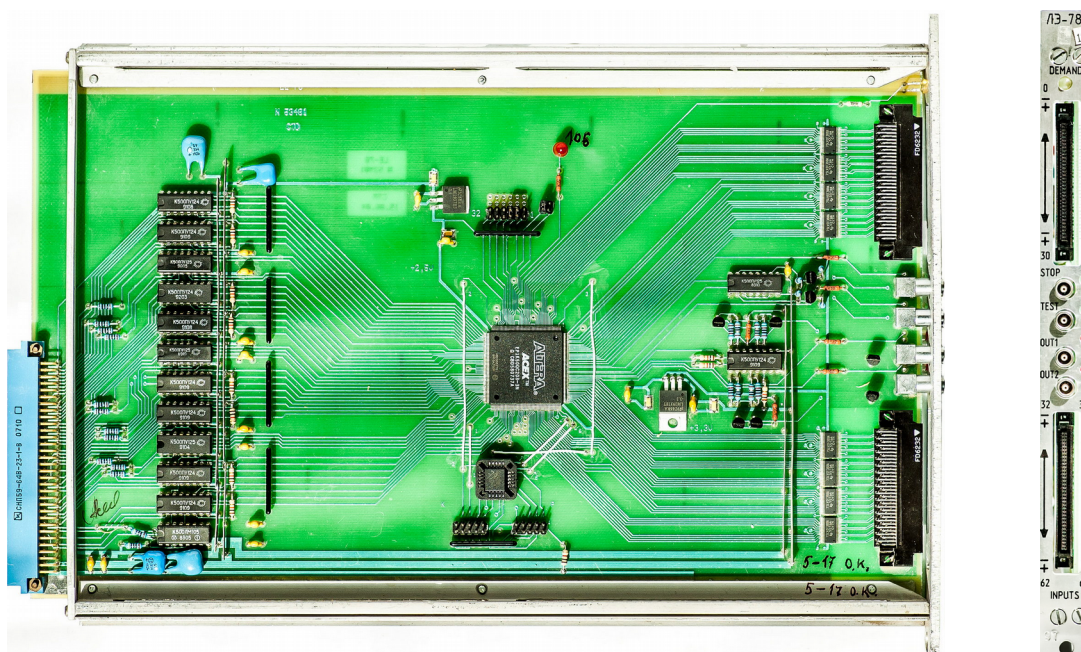


Рис. 2. Внешний вид модуля ЛЭ-78 и его передней панели.

Парафазные сигналы LVDS с входных разъёмов поступают на преобразователи уровней SN75LVDT388A, с которых сигналы в уровнях КМОП подаются на выводы микросхемы ПЛИС фирмы ALTERA типа EP1K50QC208-3. В ПЛИС выполняются все логические функции, необходимые для работы модуля. С магистралью МИСС обмен сигналами осуществляется с использованием микросхем преобразователей уровней K500ПУ124 (ТТЛ-ЭСЛ) и K500ПУ125 (ЭСЛ-ТТЛ).

Модули ЛЭ-73 и ЛЭ-78 как 64-канальные ВЦП с «Общим стопом» и шагом 5 нс

Дальнейшее развитие физических установок (постановка более сложных экспериментов), требование увеличения скорости набора данных, использование различных типов усилителей-формирователей для детекторов потребовало разработки новых модулей типа ЛЭ-73 и ЛЭ-78, предназначенных для работы в составе регистрирующей электроники приёма сигналов с пропорциональных камер, дрейфовых трубок и годоскопов. Эти модули позволяют регистрировать сигналы как с детекторов, которые оснащены усилителями-формирователями с выходными сигналами в уровнях ЭСЛ (ЛЭ-73), так и с детекторов с выходными сигналами в уровнях LVDS (ЛЭ-78). Следует отметить, что работа с этими модулями сильно упрощает триггерную систему, не предъявляет жестких требований к задержке сигнала, запускающего обработку и чтение данных, и позволяет варьировать длину входных кабелей в широких пределах. Модули обеспечивают регистрацию нескольких сигналов по каждому входу. Всё это оказалось возможным благодаря специально организованному алгоритму работы.

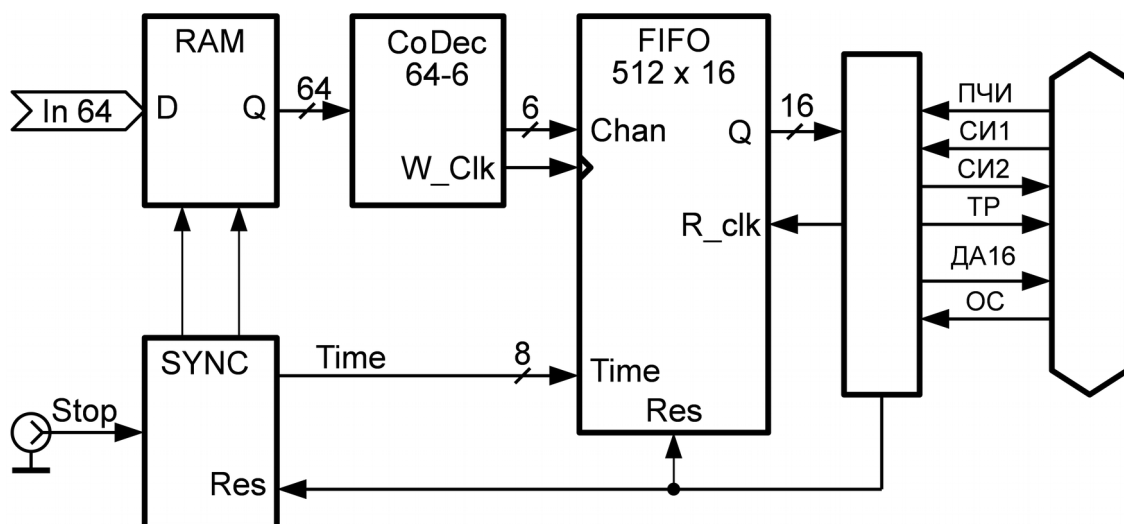


Рис. 3. Блок-схема модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78 в режиме ВЦП с «Общим стопом».

На рис. 3 показана блок-схема модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78, которая содержит: блок памяти “RAM”, служащий для приёма всей входной информации; узел синхронизации “SYNC”, обеспечивающий синхронизацию всех узлов схемы как во время приёма данных, так и при поиске событий; блок “CoDec”, производящий кодировку и декодировку

номера канала данных. А также блок памяти “FIFO”, в котором запоминается обработанная информация, и МИСС интерфейс, который обеспечивает обмен данными по магистрали МИСС.

Сигналы с 64 каналов поступают на входы данных блока памяти “RAM”, имеющего размер 256 слов по 64 разряда. Адрес записи формируется узлом “SYNC” и наращивается в счётчике с частотой ~ 200 МГц, которая вырабатывается внутренним генератором каждого модуля. Это означает, что в ячейках памяти содержится информация о состоянии входов через каждые 5 нс. Приём и запись данных начинается автоматически по сигналу Общий Сброс (ОС) с кросса, либо по окончании обработки очередного триггерного сигнала. Запись идёт непрерывно по кругу, так что в любой момент времени в памяти содержится информация о состоянии входных каналов за последние $256 \cdot 5 \text{ нс} = 1280$ наносекунд. По приходу триггерного сигнала “Stop” запись в блок памяти “RAM” прекращается и начинается процедура поиска “хитов” и запоминания информации о временах прихода положительных фронтов входных сигналов в блоке памяти “FIFO”. Поиск осуществляется последовательно от момента остановки назад по времени. Анализируются данные от двух последовательных временных тактов, при этом для каждого канала формируется флаг, определяющий был ли в данный момент времени переход из высокого состояния в низкое, что соответствует нарастающему фронту сигнала. Результаты таких вычислений запоминаются в 64-разрядном регистре флагов. Код номера сработавшего канала определяется приоритетным шифратором, а время прихода события отсчитывается специальным счетчиком “Time”, начиная с момента остановки регистрации. Затем полученные данные записываются в блок памяти, организованный по типу “FIFO”, где они ожидают вычитывания по каналу каркаса. Затем дешифратор сбрасывает соответствующий флаг, обрабатывается следующий канал, либо схема переходит к обработке следующего временного среза. Вся процедура поиска событий и запись полученных данных происходит в конвейерном режиме с частотой работы конвейера 50 МГц. Для того чтобы ограничить объём принимаемых данных, в каждом канале стоит счётчик срабатываний, который ограничивает приём до пяти событий на канал. Это бывает особенно полезно в случае неустойчивой работы усилителей и наличия «генерящих» или «звонящих» каналов, подключенных к входам

модуля. Максимальное время обработки данных и записи в память составляет 6 мкс, после чего модуль готов к вычитыванию.

В табл. 1 приведены основные параметры модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78, работающих в режиме регистрации с «Общим стопом» и шагом 5 нс.

Таблица 1. Основные параметры модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78

Число каналов	64
Уровни входных сигналов	ЭСЛ, LVDS
Минимальная длительность входных сигналов, нс	10
Количество регистрируемых сигналов на один канал	не более 5
Частота регистрации, МГц	200
Диапазон измерения времени, нс	1280
Разрядность измерения, бит	8
Шаг квантования ВЦП, нс	5
Объём выходной памяти FIFO, бит	512*16
Время преобразования (для 64 сигналов), мкс	< 6

Входной сигнал “Test” подаётся на все каналы по схеме “исключающего ИЛИ”, этот вход выполняет двойную функцию: подача тестового сигнала и инвертирование сигналов входных каналов при входном потенциале, соответствующем логической единице. Каждый вход имеет схему цифрового интегратора, который осуществляет привязку входных импульсов к частоте записи в память и фильтрацию слишком коротких сигналов, так чтобы принимались только сигналы, дважды попавшие на фронт приёмной частоты с периодом 5 нс. Чтение модуля может осуществляться в зависимости от положения переключателя на плате, как в асинхронном режиме с периодом 200 – 350 нс в зависимости от используемого контроллера [1], так и в синхронном режиме с периодом вычитывания данных, не превышающем 100 нс [2].

Во время сброса пучка ускорителя на экспериментальную установку модули в каркасе вычитываются автономным контроллером в его память. В промежутках между сбросами данные из каждого каркаса вычитываются в компьютер.

Данные из модуля передаются в “пакетном” формате, то есть каждый пакет имеет необходимую информацию о событии и в случае ошибок в передаче данных можно восстановить информацию. Формат вычитываемых данных несколько раз менялся по просьбе пользователей. Исходный формат выходных данных при регистрации трёх частиц в модулях ЛЭ-73 и ЛЭ-78 приведён в табл. 2. Можно игнорировать Поле Адреса, в котором всегда передаётся только Номер Модуля.

Таблица 2. Пример формата выходных данных модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78

	Разряды Поля Данных																Разряды Поля Адреса						
№	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	11	10	9	8	7	6	5..0
1	0	0	0	0	0	FE	FF	Количество слов в “FIFO” (=5)									Номер Модуля			0			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Номер Модуля						Номер Модуля			0			
3	0	0	Номер Канала						Время от “STOP” до частицы 1						Номер Модуля			0					
4	0	0	Номер Канала						Время от “STOP” до частицы 2						Номер Модуля			0					
5	0	0	Номер Канала						Время от “STOP” до частицы 3						Номер Модуля			0					
6	0	1	Номер события														Номер Модуля			0			

В первом слове Поля Данных передаётся состояние памяти типа "FIFO": число записанных в него слов (9 разрядов) и флаги "FF" (FIFO Full) и "FE" (FIFO Empty), то есть FIFO полное и FIFO пустое. Далее идут записанные в память FIFO данные: Номер Модуля в каркасе (6 разрядов), следующие за ним слова с данными о регистрации входных сигналов содержат Время прихода события (8 разрядов) и Номер сработавшего Канала (6 разрядов). И завершает пакет слово с Номером События (14 разрядов), которое в отличие от других имеет "1" в 14-м разряде.

Для систем сбора данных физических установок было разработано несколько вариантов функционирования модулей ЛЭ-73 и ЛЭ-78. Остановимся вкратце на особенностях этих вариантов.

ЛЭ-73Р – 64-канальный стробируемый регистр

Модуль предназначен для регистрации сигналов с пропорциональных камер и годоскопов. Для регистрации сигналов по стробирующему импульсу они должны быть задержаны на время выработки этого импульса в триггерной части системы сбора данных. 64-канальный ЛЭ-73Р в этой реализации служит заменой 32-канальному регистру ЛЭ-39 [3], большое число которых находятся в эксплуатации на установках ИФВЭ. Он содержит 64-канальный регистр, в котором запоминаются входные импульсы, передний фронт которых попал в интервал времени, задаваемый входным стробирующим импульсом "GATE". Импульс подаётся с передней панели через разъём "LEMO" "S" и имеет уровни стандарта NIM. Все пришедшие за время сигнала "GATE" входные импульсы регистрируются во входном 64-разрядном регистре.

По окончании сигнала “Gate” информация перезаписывается в другой регистр для проведения цикла обработки. Приоритетный шифратор вычисляет код номера канала, в котором зарегистрировано срабатывание. Полученное значение записывается в память типа FIFO, а соответствующий разряд регистра сбрасывается. Затем вычисляется номер следующего сработавшего канала и т. д., пока регистр с данными не обнулится.

ЛЭ-73Б – 64-канальный регистр с памятью в системе МИСС для координатного детектора «Мюонный годоскоп» МИФИ

При проведении долговременных космо-физических экспериментов [4] основной задачей является непрерывный ввод данных, накопление информации и её периодическая передача от многоканальных установок в память РС в режиме on-line.

Применение ПЛИС фирмы ALTERA типа EP1K50QC208-3 позволило совместить функции входных регистров (рис. 4), промежуточной памяти и осуществить кольцевую буферизацию данных отдельных кадров переменного объема информации с ее отсечкой за всегда фиксированный интервал времени экспозиции в одном модуле ЛЭ-73Б – 64-канальном регистре с памятью в системе МИСС [5].

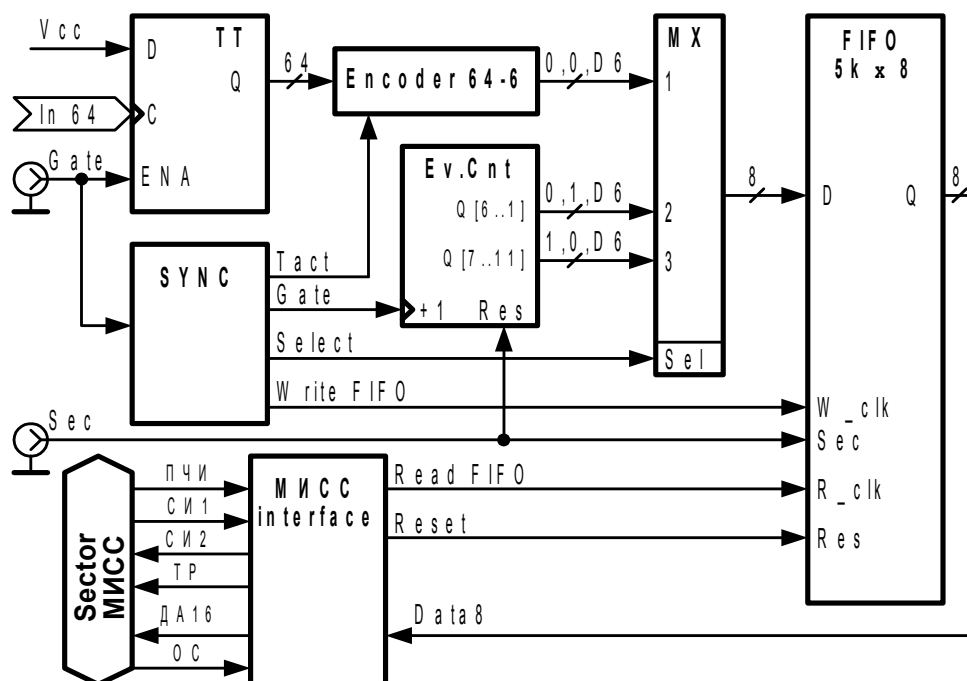


Рис. 4. Блок-схема модуля ЛЭ-73Б.

Узел регистрации данных построен по аналогии с модулем ЛЭ-73Р, включает в себя входной 64-канальный регистр и приоритетный шифратор. Данные о номерах каналов имеют 6 значащих разрядов, а записываются в 8-разрядную память типа FIFO, при этом два старших разряда всегда равны нулю. После данных о сработавших каналах записывается одно 6-битное слово, соответствующее номеру текущего события, которое сопровождается единицей в одном из старших разрядов. После этого модуль готов к приёму новых данных.

Счётчик номеров событий имеет 12 разрядов, и для того, чтобы уменьшить относительное количество слов с номерами событий в массиве данных памяти FIFO, передаётся только одно 6-разрядное слово с младшими битами, а когда младшие 6 бит = 0, то передаются старшие 6. Надо отметить, что максимальный объём памяти FIFO составляет 5120 8-битных слов, и если в принятых событиях будут часто отсутствовать данные о сработавших каналах (нет данных, а в FIFO содержатся только одни слова с номерами событий), то возможно переполнение счетчика событий. Но, во-первых – количество событий в установке за одну секунду ожидается меньше одной тысячи, что в четыре раза меньше максимального значения счётчика, а во-вторых – при чтении данных из модулей эту ситуацию легко отследить и исправить программно.

Модуль имеет два входных разъёма “LEMO” на задней панели, через которые можно подавать импульсы, имеющие уровни стандарта NIM. Через верхний вход можно подать тестовый сигнал сразу на все входы, который заиливается с входными данными. Сигнал с нижнего разъёма соединён по схеме ИЛИ с управляющим сигналом с кросса “УР6” и формирует импульс фиксации адреса записи данных в память типа FIFO, так называемый “Секундный” импульс. По этому импульсу происходит фиксация адреса записи данных в память, и модуль снимает сигнал готовности “ГТ” с соответствующей линии кросса МИСС. Светодиодный индикатор на передней панели загорается, если пришел сигнал “Sec” и в модуле есть данные для вычитывания, а гаснет после того, как все данные из модуля будут вычитаны.

Модули в каркасе вычитываются в режиме Последовательного Чтения Информации (ПЧИ) [1]. При переполнении памяти FIFO в модуле в 14-м разряде выходных данных устанавливается флаг “1”, который можно сбросить только по Общему Сбросу (ОС) системы МИСС.

ЛЭ-78В – 64-канальный ВЦП с «Общим стопом» для установки ВЕС

В модуле ЛЭ-78В регистрация и измерение времени производится так же, как и в модулях ЛЭ-73 и ЛЭ-78. Отличие заключается в формате выходных данных.

На установке ВЕС чтение данных производится в одно-событийном режиме, при этом все зарегистрированные по триггеру данные собираются со всей установки аппаратным сборщиком событий и передаются в компьютер. В табл. 3 представлен пример данных блока ЛЭ-78В при регистрации трёх входных сигналов. Каждое слово данных содержит Время прихода события (7 разрядов), а соответствующее ему поле адреса – Номер сработавшего Канала (6 разрядов) и Номер Модуля (6 разрядов).

Таблица 3. Пример формата выходных данных модуля ЛЭ-78В

	Разряды Поля Данных																Разряды Поля Адреса													
№	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Время от “STOP” до частицы 1							Номер Модуля						Номер Канала частицы 1							
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Время от “STOP” до частицы 2							Номер Модуля						Номер Канала частицы 2							
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Время от “STOP” до частицы 3							Номер Модуля						Номер Канала частицы 3							

ЛЭ-78О – 64-канальный ВЦП с «Общим стопом» для установки ОКА

На установке ОКА для повышения быстродействия системы сбора данных была проведена большая работа по оптимизации работы всех узлов и подсистем [6]. После чего был изменён формат выходных данных, представленный в табл. 4. Поле Адреса можно игнорировать, уменьшив объём данных до 16-разрядного слова данных. В первом и единственном служебном слове передаётся количество слов из модуля (9 разрядов), Номер Модуля (6 разрядов) и ”1” в старшем. Далее идут только слова данных, включающих Время (8 разрядов) и Номер Канала (6 разрядов). В поле адреса всегда передаётся Номер Модуля (6 разрядов).

Таблица 4. Пример формата выходных данных модулей ЛЭ-78О

	Разряды Поля Данных																Разряды Поля Адреса							
№	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	11	10	9	8	7	6	5..0	
1	1	Номер Модуля						Количество слов в “FIFO” (=5)									Номер Модуля						0	
2	0	0	Номер Канала						Время от “STOP” до частицы 1									Номер Модуля						0
3	0	0	Номер Канала						Время от “STOP” до частицы 2									Номер Модуля						0

Модуль ЛЭ-78М – 32-канальный ВЦП с бестриггерной регистрацией для мюонного томографа ИФВЭ

ЛЭ-78М предназначен для регистрации сигналов с мюонного томографа, созданного в ИФВЭ, который состоит из нескольких плоскостей дрейфовых трубок, измеряющих координату космического мюона с высокой точностью.

ЛЭ-78М работает в составе системы сбора данных [7] и представляет собой 32-канальный 16-разрядный ВЦП с временным разрешением 5,000 нс. Широкий динамический диапазон регистрации накладывает требования высокой стабильности и точности при приёме сигналов от большого числа каналов. Для выполнения таких требований модуль ЛЭ-78 был доработан. Однородность (одинаковость) каналов регистрации достигается использованием одного источника сигнала частотой 25 МГц, расположенного в отдельном модуле, а в модуле ЛЭ78 установлена ИС цифрового умножения частоты с коэффициентом равным 8. Сигнал с выхода умножителя используется как сигнал заполнения при преобразовании. Регистрация происходит во всех каналах независимо друг от друга, без триггера по мере поступления в течение сигнала “TW”, вырабатываемого в отдельном модуле. «Мертвое время» регистрации сигналов в канале находится в интервале 0,4-1,2 мкс. Максимальное количество сигналов “TW” в одном запуске – 1023. Каналы разделены на 2 группы по 16 каналов. Каждую группу обслуживает один блок памяти типа FIFO (2 FIFO на модуль) размером 256 слов×32 разряда. При регистрации в блок памяти заносится 32-разрядное слово, несущее информацию о времени, номере “TW” и адресе сработавшего канала. При заполнении памяти запись в нее прекращается.

Регистрация времени прихода импульсов от усилителя модулем ВЦП происходит внутри временных интервалов “TW” продолжительностью $5,12 \text{ мкс} \times N$ ($N_{\text{max}}=50$) и отсчитывается от начала “TW” до момента прихода сигнала из усилителя. В конце цикла измерений измеряется ещё и длительность последнего “TW”.

Разброс значений погрешности измерений от модуля к модулю отсутствует. Формат данных, считываемых из модуля в сектор МИСС, приведен в табл. 5. В адресной части номер модуля и номер канала продублированы. В предпоследнем слове: в данных всегда 0, а в слове адреса – номер модуля. В последнем слове в данных хранится

длительность сигнала “TW” в отсчётах TDC, в адресной части всегда 0. Нули могут использоваться как разделители между данными, прочитанными с различных модулей. Если в модуль за спил (некоторое число “TW”) ничего не попало, он выдаст только два последних слова.

Таблица 5. Пример формата выходных данных модуля ЛЭ-78М

№ слова	Разряды Поля Данных																Разряды Поля Адреса	
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	11..6	5..0
Нечет (1)	Зарегистрированное Время от начала RUN до прихода сигнала																Номер Модуля	Номер Канала
Четн (2)	№ RUN										Номер Канала						Номер Модуля	Номер Канала
п/посл.сл.	0																Номер Модуля	Не определено
посл. сл.	Длительность последнего “TW” в отсчётах TDC – 16 бит																0	0

Заключение

Описаны модули ЛЭ-73 и ЛЭ-78 в системе МИСС, предназначенные для приёма и регистрации сигналов с многоканальных проволочных камер и годоскопов. Модули просты, дешёвы и надёжны, так как изготовлены с использованием двухслойных печатных плат и содержат только преобразователи уровней и микросхему Альтера EP1K50QC208-3, в которой программируется вся логическая схема. Это позволяет строить схемы с различной функциональностью. Отличительной особенностью модулей является наличие быстродействующей памяти, позволяющей принимать данные с задержанным триггерным сигналом и запоминать результаты измерений, принимая до пяти хитов на канал и измеряя время прихода событий с дискретностью от 5 нс.

Модулями ЛЭ-73 и ЛЭ-78 оснащены различные установки как в ИФВЭ, так и в других исследовательских лабораториях, в частности на координатном детекторе “Мюонный Годоскоп” в МИФИ. В системах сбора данных экспериментальных установок ИФВЭ, таких как ОКА, ВЕС, СПИН, мюонный томограф используется более 200 модулей.

В заключение авторы выражают благодарность В.И. Романовскому, А.П. Филину и А.С. Кожину за поддержку и полезные обсуждения.

Список литературы

- [1] Бушнин Ю.Б. и др. Быстродействующая система регистрирующей и триггерной электроники для экспериментальных исследований в ИФВЭ. – Препринт ИФВЭ 88-47, Серпухов, 1988.
- [2] Петров В.С., Якимчук В.И. Аппаратура для подключения электронных систем МИСС, КАМАК и СУММА к персональному компьютеру. – Препринт ИФВЭ 2011-21, Протвино, 2011.
- [3] Медовиков В.А., Сенько В.А., Шаланда Н.А. Электронная аппаратура регистрации и триггирования наносекундного диапазона. – Препринт ИФВЭ 99-60, Протвино, 1999.
- [4] В.В. Борог и др. Мюонный годоскоп для исследования солнечно-земных связей в области энергий больше 10 ГэВ. // Изв. РАН. Сер. Физ. 1995. Т. 59. № 4. С. 191.
- [5] Борог В.В. 64-канальный входной регистр с памятью для координатного детектора «мюонный годоскоп» / В.В. Борог, Н.А. Шаланда // 91-92 Научная сессия МИФИ - 2006. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2006. Т. 7: Астрофизика. Космофизика. Математические методы. Ускорительная техника.– С. 91-92.
- [6] Донсков С.В. и др. Система сбора данных эксперимента ОКА. – Препринт ИФВЭ 2013-22, Протвино, 2013.
- [7] Боголюбский М.Ю. и др. Система сбора данных и управления в стандарте электроники МИСС для детектора на дрейфовых трубках. – Препринт ИФВЭ 2012-4, Протвино, 2012.

Рукопись поступила 10 октября 2014 г.

Н.А. Шаланда и др.

Регистрация сигналов с проволочных камер и годоскопов на физических установках ИФВЭ.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати	02.12.2014.	Формат $60 \times 84/16$.	Цифровая печать.
Печ.л.	1,125.	Уч.—изд.л.	1,536.
Тираж	80.	Заказ	19.
Индекс	3649.		

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»
142281, Московская область, г. Протвино, пл. Науки, 1

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

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2014-13,
ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», 2014
