



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2013-16

ЛДС

С.Н. Головня, В.С. Петров, А.Г. Холоденко, Ю.П. Цюпа

**Система светодиодного мониторинга
гамма-детектора установки СВД-2**

Направлено в *ИТЭ*

Протвино 2013

Аннотация

Головня С.Н. и др. Система мониторинга гамма-детектора установки СВД-2: Препринт ИФВЭ 2013-16. – Протвино, 2013. – 14 с., 9 рис., 2 табл., библиогр.: 10.

Представлена светодиодная система мониторинга гамма-детектора установки СВД-2 на ускорителе У-70. Описана конструкция системы светового мониторинга, ее составляющие части и варианты режимов работы. Приведены данные, полученные при работе системы в составе установки.

Abstract

Golovnya S.N. et al. The monitoring system of the Gamma-Detector of the SVD-2 set up: IHEP Preprint 2013-16. – Protvino, 2013. – p. 14, figs. 9, tables 2, refs.: 10.

The Led-based monitoring system of the Gamma-Detector of the SVD-2 experiment is presented. The topology and the schematics of this system is described. The results and future advantages are discussed.

Введение

Годоскопический детектор гамма-квантов (ДЕГА) установки СВД-2 [1] расположен на расстоянии около 10 м от активной мишени. Детектор изготовлен более тридцати лет назад и в последние годы был модернизирован. Была проведена ревизия и полная переборка кассеты детектора, у счётчиков переделан узел крепления фотоумножителей, заменена электроника считывания (в настоящий момент она построена на основе системы МИСС ИФВЭ с зарядово-цифровыми преобразователями QDC-96 [2]), полностью обновлена система высоковольтного питания (на основе схемы Кокрофта-Уолтона), изготовлена новая система управления перемещением платформы детектора [3], детектор оснащен системой светодиодного мониторинга. В ходе модернизации ДЕГА на 15% была расширена его апертура.

Детектор представляет собой сборку из 1532 черенковских счётчиков полного поглощения, выполненных из свинцового стекла и собранных в виде матрицы 48x32 с окном в центральной части 2x2 счётчика для пропуска первичного пучка частиц.

Калориметрические детекторы подобного типа, как правило, оборудуются системой светового мониторинга. Система основывается на одном или нескольких импульсных источниках света, вспышка от которых регистрируется полным трактом считывания информации с детектора. Источником света может служить, например, лазер [4,5], светодиод (с последующей разводкой оптоволоконном) [6], либо светодиодная панель, как реализовано в [7], многоступенчатая комбинированная система, как в [8] и т.д.

Описываемая в настоящей работе светодиодная система мониторинга детектора ДЕГА, в значительной мере основана на концепции системы (разделение на управляющие и контрольные модули), реализованной ранее для фотонного спектрометра PHOS эксперимента ALICE [9].

Система детектора ДЕГА предназначена для по-канального медленного контроля состояния счетчиков детектора, отслеживания возможного дрейфа коэффициентов умножения тракта, с целью последующей корректировки данных, оперативной регистрации и локализации отдельных неисправностей, ведущих к нарушению однородности поля детектора, быстрого «обнуления» остаточного напряжения на фотоумножителях при выключении напряжения на детекторе.

Система мониторинга гамма-детектора установки СВД

Структурная схема электроники светодиодной системы мониторинга гамма-детектора установки СВД (МС) представлена на Рис. 1. Логически она разделена на три идентичных ветви. Каждая из ветвей обеспечивает мониторинг $16 \times 32 = 512$ счетчиков детектора.

Функционально система состоит из следующего набора модулей:

1. Трёх управляющих модулей (Master Modules – MM-GD), установленных в корпусе КАМАК, расположенном в экспериментальном домике установки.
2. Трёх преобразователей сигналов (Signal Converter – SC), размещенных на платформе ДЕГА. Расстояние между экспериментальным домиком и ДЕГА около 20 м.
3. Контрольных модулей (Control Modules – CM64), двадцать четыре модуля смонтированы непосредственно на фронтальной стороне кассеты детектора.

Модуль MM-GD

MM-GD – блок двойной ширины стандарта КАМАК. На передней панели блока располагаются (сверху вниз): светодиод и разъем выходного сигнала “Ready”, светодиод и разъемы входного и выходного сигналов “Trigger”, светодиод и разъем выходного сигнала “Fire”, а также разъем Centronics для подключения кабеля связи с ретранслятором сигналов SC. Блок-схема модуля MM-GD представлена на Рис. 2.

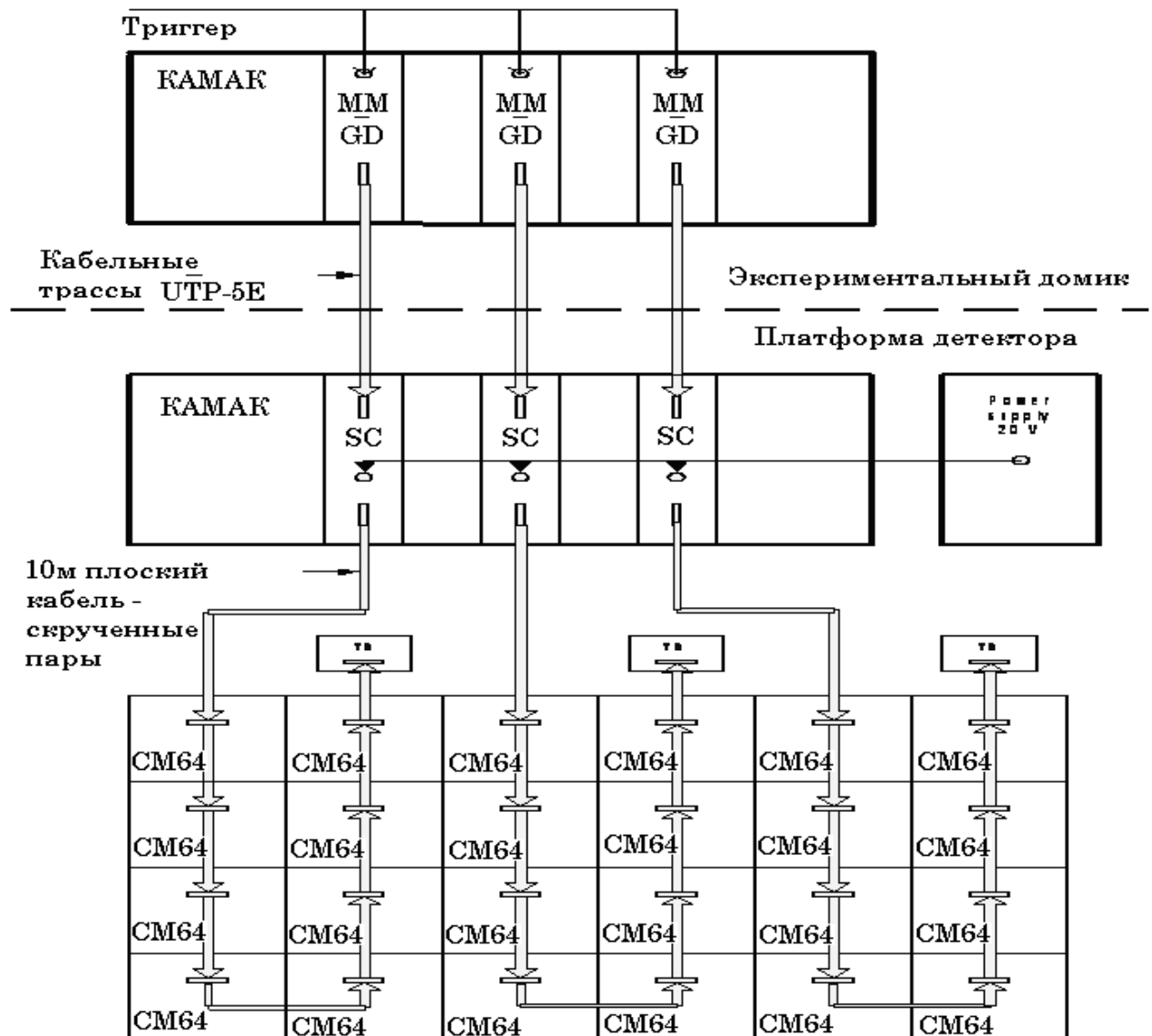


Рис. 1. Структурная схема электроники МС.

Модули MM-GD служат для задания номеров светодиодов (LED), амплитуды и моды поджига для них. Каждый модуль обеспечивает управление 8-ю платами CM64, т.е. управляет поджигом 512 светодиодов. Для передачи номеров светодиодов и амплитуд напряжения поджига используются отдельные последовательные протоколы передачи SPI. Поджиг светодиодов синхронизирован с триггерными сигналами, поступающими на переднюю панель модулей от триггерной электроники установки СВД.

Эти сигналы также передаются на платы CM64. Передача сигналов между модулями MM-GD и CM64 осуществляется в две ступени: в уровнях LVDS по двум кабелям UTP от модулей MM-GD до SC, далее, от преобразователя уровней SC до контрольного модуля CM64, сигналы передаются в уровнях TTL.

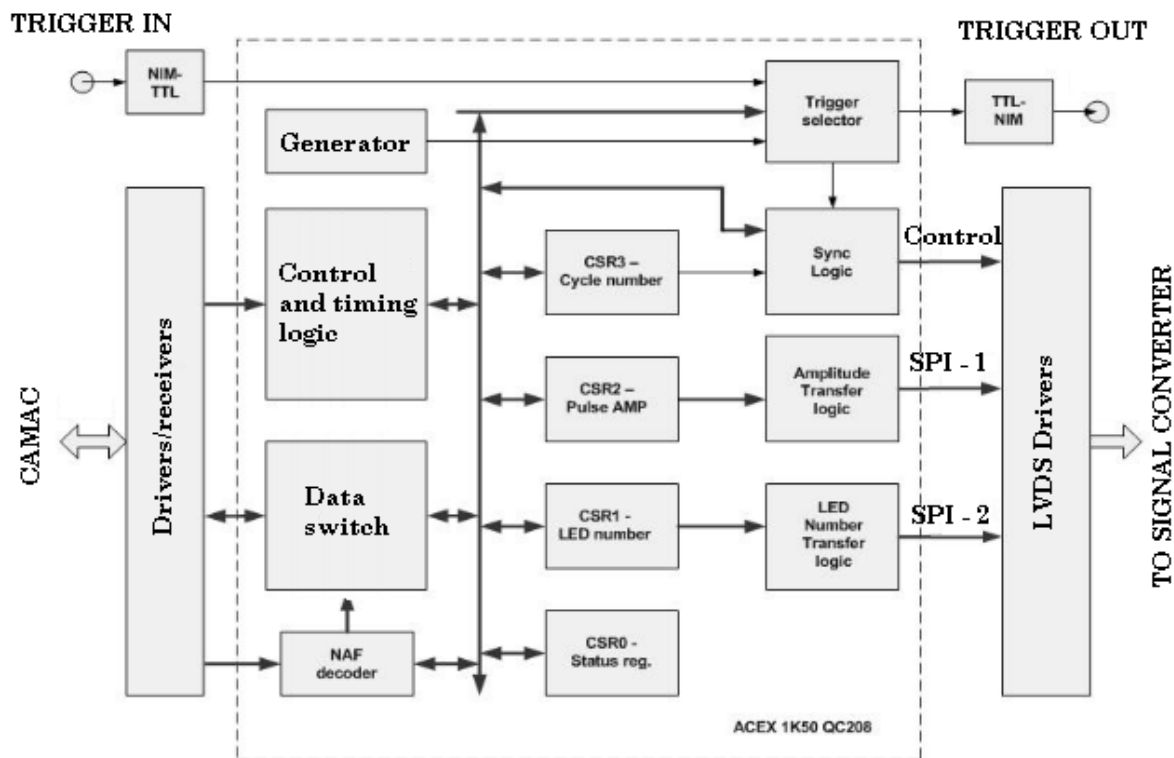


Рис. 2. Блок-схема модуля MM-GD.

Модуль SC

Блок-схема модуля приведена на Рис. 3. Модуль смонтирован в блоке двойной ширины стандарта КАМАК (используются только шины питания). На передней панели блока расположены: разъем Centronics для кабеля связи с блоком MM-GD, разъем IDCC-20MR для подключения плоского кабеля связи с платами светодиодов CM-64, разъем PC1-2 для подключения источника питания (+20 В) и разъем PC-00 для сигнала “Триггер” – сигналов поджига LED (он дублирует аналогичный сигнал на передней панели блока MM-GD).

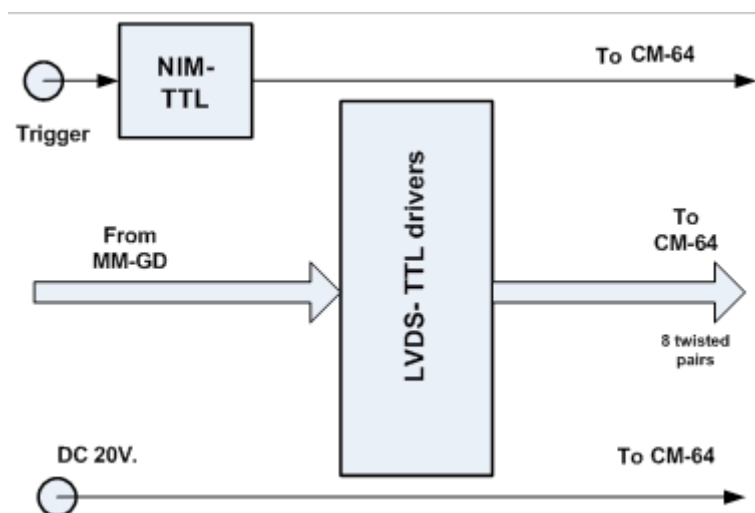


Рис. 3. Блок-схема модуля SC.

Преобразованные в блоке сигналы (уровень TTL) по плоскому скрученному кабелю передаются непосредственно на контрольные модули CM64, расположенные на детекторе. Общая длина кабеля от модулей SC до кабельных заглушек ТВ, служащих для согласования сигналов, составляет около 10 м. Кроме передачи сигналов, по этому же плоскому кабелю от расположенного рядом источника питания на платы CM64 передается напряжение питания светодиодов ~ 20 В. Питание электроники управления – раздельное для каждой из групп плат CM64, обеспечивается независимыми источниками питания и подаётся по выделенным линиям.

Модуль CM64

Предназначен для управления формированием световых вспышек. Блок-схема модуля приведена на Рис. 4. Он выполнен в виде печатной платы размером 304*304 мм и содержит матрицу 8*8 драйверов светодиодов. Выходы драйверов поступают на 2-контактные разъемы и с помощью скрученных пар проводов подключаются к светодиодам, закрепленным непосредственно на счетчиках детектора. На платах CM64 размещается также 8-битный ЦАП, схемы для формирования регулируемого напряжения в диапазоне от 0 до 18 В, которое подается на драйверы светодиодов, переключатель, задающий номер платы. Преобразование протоколов SPI, управление работой ЦАП, дешифрация задаваемых номеров LED, выборка LED и их поджиг, при поступлении триггерных сигналов, реализованы с помощью CPLD ALTERA MAXII [10]. Для питания микросхем логики и MAXII служит линейный стабилизатор (7.5В→5В).

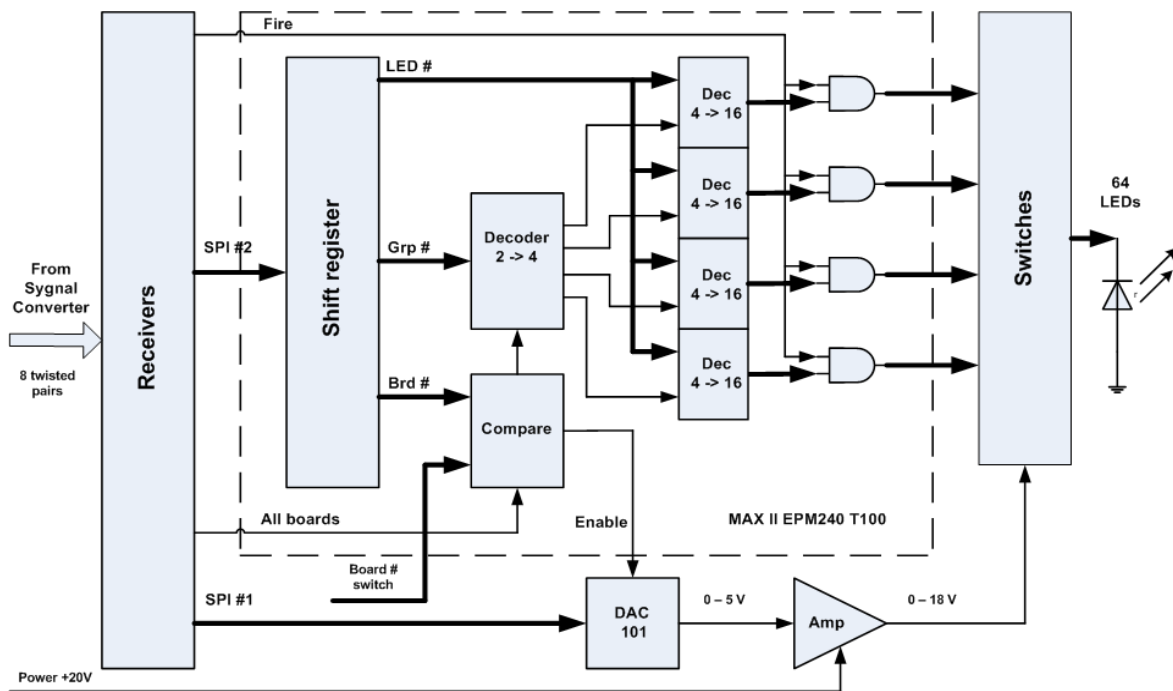


Рис. 4. Блок-схема модуля SM64.

Схема драйвера светодиода приведена на Рис. 5. Она обеспечивает возможность подать на светодиод импульс с длительностью и фронтом, при которых отклик от ФЭУ на световую вспышку вписывается в длительность ворот, используемых для регистрации сигналов от гамма-детектора.

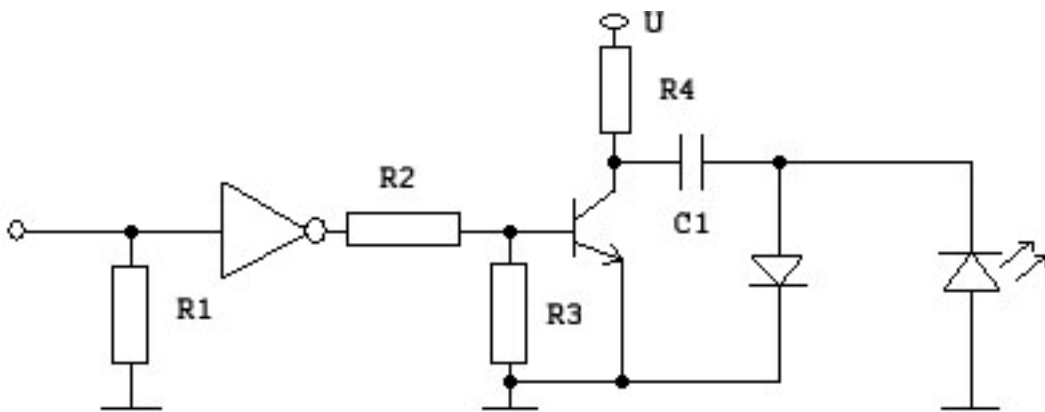
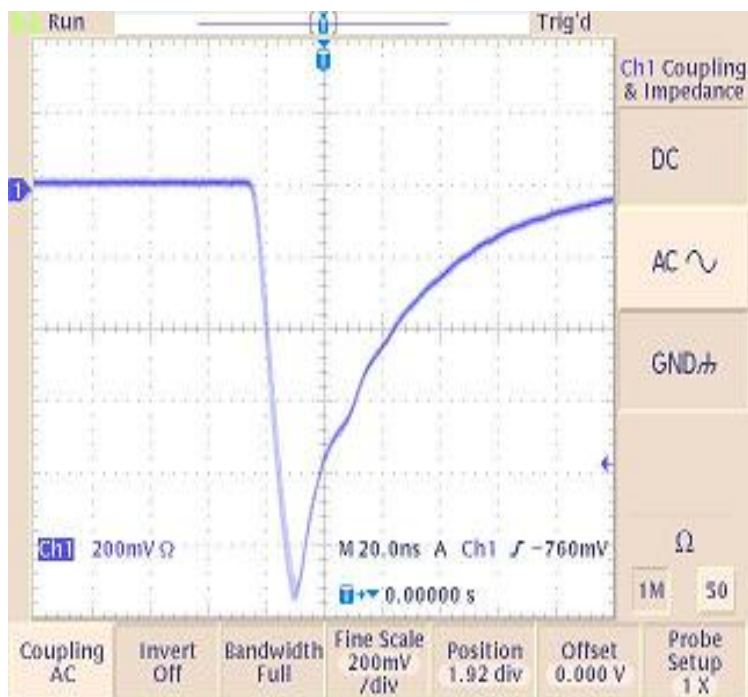


Рис. 5. Схема драйвера светодиода.

Импульс, поступающий с драйвера на светодиод, и отклик фотоумножителя на световую вспышку приведены на осциллограммах Рис. 6.

а)



б)

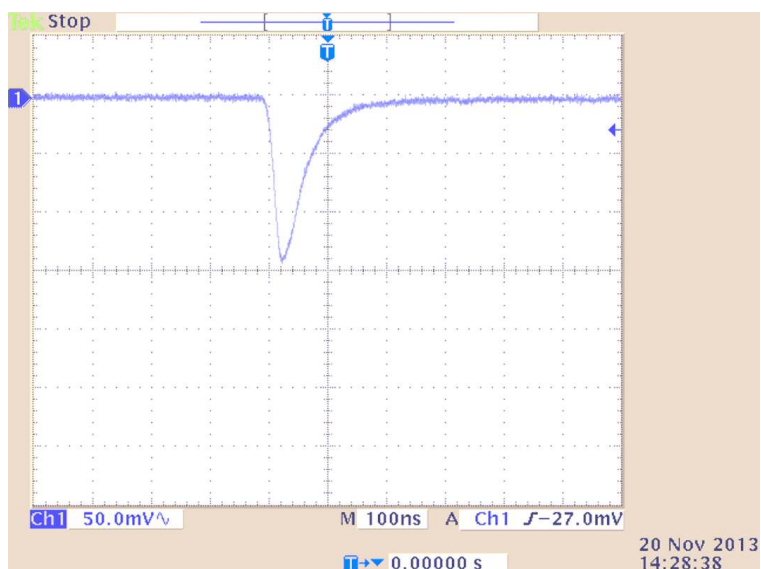


Рис. 6. а) Импульс, поступающий с драйвера. б) Отклик ФЭУ на вспышку светодиода.

Модуль СМ-64 организован следующим образом – четыре идентичные логические группы (с номерами 0 – 3) по 16 каналов (с номерами 0 – 15) в каждой. Для обращения к светодиоду необходимо указать номер группы и номер светодиода в этой группе. Предусмотрен также режим одновременного поджига четырех светодиодов (по одному в каждой группе с одним и тем же кодом амплитуды). Каждый модуль имеет свой номер (1 – 8), задаваемый комбинацией перемычек на плате.



Рис. 7. Разбиение на группы и нумерация в группах модуля СМ-64 – вид со стороны ДЕГА.

Управление системой

Управление системой осуществляется путём записи двоичных кодов в управляющие регистры модулей ММ-GD. Запись производится по стандартному для систем типа КАМАК алгоритму NAF – «номер модуля в крейте», «адрес регистра управления в модуле», «функция» и «16-битное слово данных» (табл. 1).

Таблица 1.

адрес	функция	данные	описание	
0	25	XXX	Остановка ранее инициированного процесса поджига светодиода	
1	26	XXX	Запуск поджига от внешнего триггера	
2	26	XXX	Запуск поджига от внешнего триггера на заданное число раз	
3	26	XXX	Запуск поджига от внутреннего триггера	
1	16	CSR1	Задаётся адрес обращения в формате:	
			Номер бита	Назначение бита
			15	Бит обращения ко всем платам СМ-64
			8 – 14	Номер платы СМ-64
			6	Бит обращения ко всем группам платы СМ-64
			4 – 5	Номер группы
			0 – 3	Номер канала светодиода
2	16	CSR2	Задаётся амплитуда поджига светодиода – допустимый диапазон 0 – 255	
3	16	CSR3	Задаётся число поджигов в режиме однократного внешнего триггера – допустимый диапазон 0 – 65535	

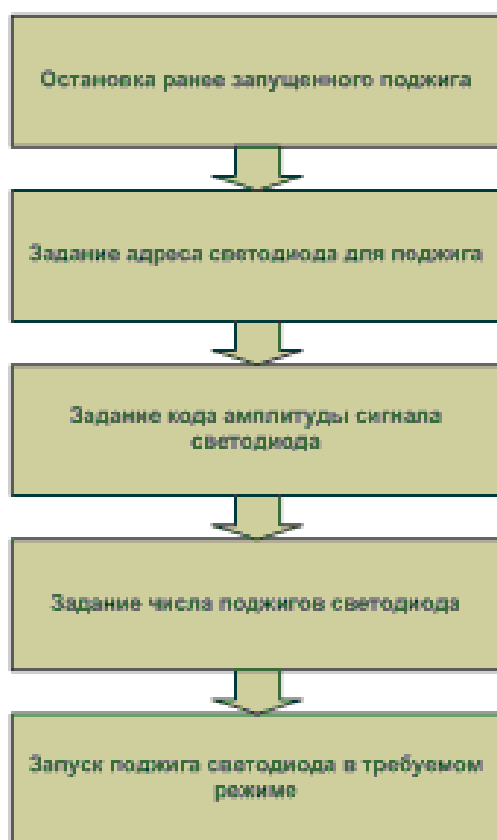
xxx – произвольное значение.

В зависимости от значений битов 6 и 15 возможно установить различные сочетания поджигаемых светодиодов. Возможные режимы (для любой из трёх ветвей системы) поджига светодиодов сведены в табл. 2.

Таблица 2.

Значение бита №6	Значение бита №15	Режим поджига
0	0	Поджиг единственного светодиода, адрес которого (канал, группа, плата) был задан заранее.
0	1	Поджиг по одному светодиоду с заранее заданным адресом (канал, группа) на каждой из 8-ми плат.
1	0	Поджиг 4-х светодиодов на одной из плат с заданным адресом (канал, плата).
1	1	Поджиг 4-х светодиодов на 8-ми платах.

Общий порядок задания режима поджига светодиодов и запуска системы проводится в следующей последовательности:



Для управления системой мониторинга написана программа SVD-LED, которая позволяет осуществлять поджиг требуемых светодиодов/групп светодиодов под управлением персонального компьютера (PC). Программа имеет развитый графический интерфейс для взаимодействия с пользователем и состоит из набора переключаемых окон – вкладок, каждая из которых предназначена для решения определённой задачи. Пример главного окна программы, а также специализированного окна тестового режима, предназначенного для управления светодиодной системой, приведён на Рис. 7.

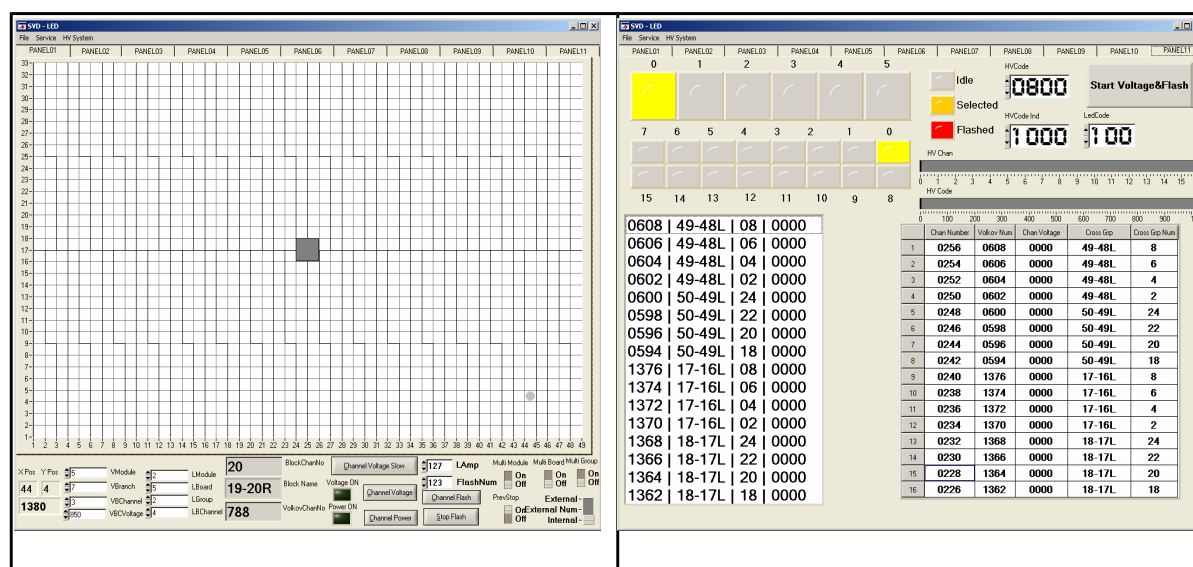


Рис. 7. Главное и специализированное окна программы.

Верхняя часть главного окна программы схематически изображает массив детектора ДЕГА, где каждый квадратик соответствует счётчику детектора. При нажатии на любой из этих квадратиков указателем «мыши» РС в расположенных ниже информационных окошках выводится информация о выбранном канале и всех его коммутациях. Показывается его нумерация в абсолютной (X – Y) и логической (принятой в программе считывания) системах координат, информация о номерах питающих этот канал высоковольтных модулей и модулей системы светодиодного мониторинга, номерах кабелей и их коммутации на переходных панелях, значение величины поданного напряжения, состояние релейных коммутаторов (вкл\выкл) и т.п.

Варианты режима поджига (табл. 2) иллюстрируются Рис. 8, где схематически представлено поле светодиодов детектора ДЕГА. Цифрами обозначены области, обслуживаемые 1-й (колонки 1-16), 2-й (колонки 17-32) и 3-й (колонки 33-48) ветвями системы мониторингования. В первой ветви (отмечены точками) зажжены по четыре светодиода на всех восьми платах. Во второй — четыре светодиода на одной из плат. В третьей зажжен один светодиод. Поскольку ветви полностью автономны, допустимо любое сочетание вариантов одновременного поджига светодиодов на трех ветвях.

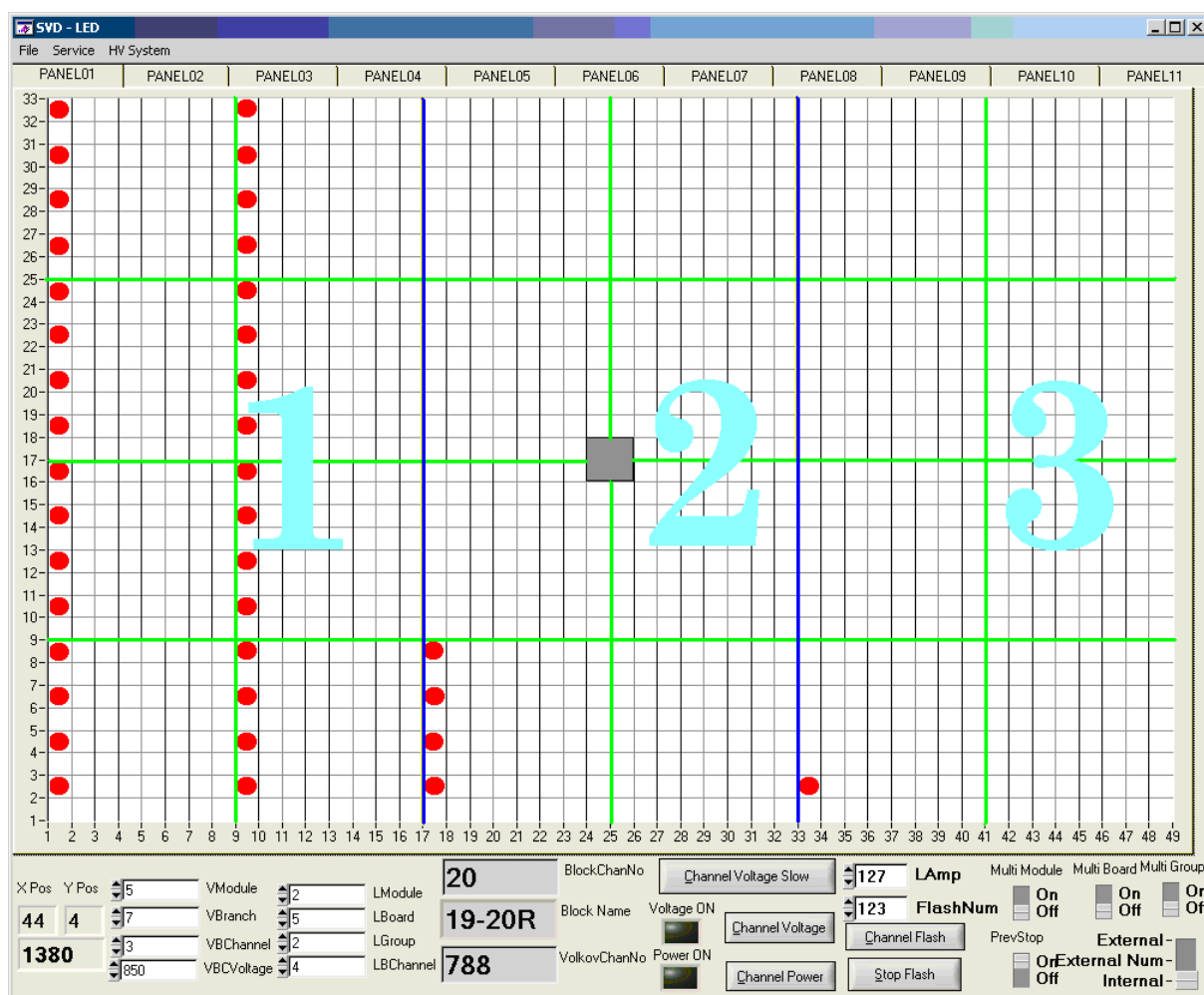


Рис. 8. Поле светодиодов детектора. В первой ветви зажжены по четыре светодиода на каждой плате, во второй — четыре на одной из плат, в третьей — единственный светодиод на ветви. Во всех случаях в группах поджигался светодиод с номером 7.

Режимы работы системы мониторинга

В системе реализованы следующие режимы работы:

- 1 – запуск поджига светодиода по внутреннему триггеру;
- 2 – запуск поджига светодиода по внешнему триггеру;
- 3 – запуск поджига по внешнему триггеру заданное число раз.

Запуск поджига светодиодов по внутреннему триггеру используется для целей отладки аппаратуры ДЕГА для непосредственного наблюдения на экране осциллографа качества и уровня сигналов.

Режим работы с запуском от внешнего триггера является основным режимом работы системы мониторинга. В этом режиме в промежутках между циклами ускорителя на вход блоков **MM-GD** подаются дополнительные импульсы, имитирующие приход рабочего триггера, при этом прохождение триггерного сигнала по прямой цепи на схему формирования ворот АЦП задерживается на время, необходимое для срабатывания системы мониторинга. В этом случае сигнал системы мониторинга, поступает в общую систему сбора данных эксперимента и в дальнейшем обрабатывается совместно с экспериментальными данными. На Рис. 9. показана практически линейная зависимость амплитуды отклика ФЭУ от величины кода на ЦАПе системы мониторинга.

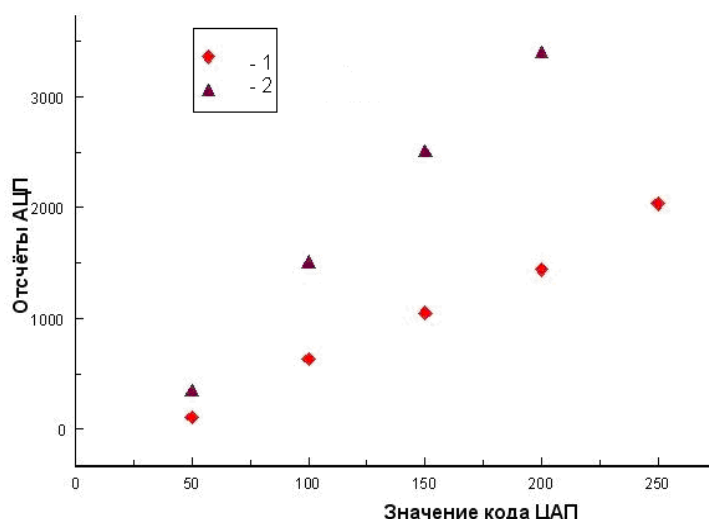


Рис. 9. Амплитуда отклика одного из каналов детектора в зависимости от значения кода ЦАПа системы мониторинга при двух уровнях напряжения питания ФЭУ (1 и 2 соответствуют кодам 800 и 900 на умножителях Кокрофта-Уолтона).

Заключение

В процессе модернизации гамма детектора (ДЕГА) установки СВД-2 была разработана, изготовлена, испытана и введена в эксплуатацию светодиодная система мониторинга. Использование системы в различных режимах работы позволяет вести контроль состояния счетчиков ДЕГА, оперативно отследить и локализовать возникновение неисправности в отдельных каналах регистрации сигналов. Использование системы существенно облегчает проведение процедуры калибровки ДЕГА в пучке электронов и обеспечивает возможность контроля за работой счётчиков ДЕГА в ходе набора экспериментальных данных на установке СВД-2.

Список литературы

- [1] В. Авдейчиков и др. ПТЭ, 2013, № 1, с. 14–37.
- [2] В.А. Сенько и др. Препринт ИФВЭ 2012-19, Протвино, 2012.
- [3] В.Ф. Головкин и др. Препринт ИФВЭ 2012-26, Протвино, 2012.
- [4] В.Н.Евдокимов, П.И.Гончаров, Ю.П.Корнеев и др. Препринт ИФВЭ 99-47, Протвино, 1999.
- [5] Powell B., Heller R. Ibold N. et al. CERN/EP 81-144, Nucl.Instr.& Meth., 1982, **198**, p. 217.
- [6] А.Н.Васильев, Ю.М.Гончаренко, О.А.Грачев и др. Препринт ИФВЭ 97-60, Протвино, 1997.
- [7] А.М.Блик, М.Ю.Боголюбский, С.В.Ерин и др. Препринт ИФВЭ 99-50, Протвино, 1999.
- [8] Боратав М., Власов Е.В., Давид Ж. и др. Препринт ИФВЭ 84-50, Серпухов, 1984, ПТЭ, №3, с.46, 1985.
- [9] М.Ю. Боголюбский и др. Препринт ИФВЭ 2011-6, Протвино, 2011.
- [10] <http://www.altera.com/devices/cpld/max2/mx2-index.jsp>

Рукопись поступила 7 октября 2013 г.

С.Н. Головня и др.

Система мониторинга гамма-детектора установки СВД-2.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати	14.10.2013.	Формат 60 × 84/16.	Цифровая печать.			
Печ.л.	1,12.	Уч.-изд.л.	1,54.	Тираж 80.	Заказ 50.	Индекс 3649.

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

142281, Протвино Московской обл., пл. Науки, 1.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2013-16, ИФВЭ, 2013
