



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2012–5
ОЭФ

М.Ю. Боголюбский, А.С. Кожин, И.С. Плотников,
М.М. Солдатов, В.И. Якимчук

**Программные модули бестриггерной системы сбора
данных детектора на дрейфовых трубках**

Направлено в журнал
"Естественные и технические науки"

Протвино 2012

Аннотация

Боголюбский М.Ю. и др. Программные модули бестриггерной системы сбора данных детектора на дрейфовых трубках: Препринт ИФВЭ 2012–5. – Протвино, 2012. – 8 с., 3 рис., 1 табл., библиогр.: 14.

В работе описана программная реализация модулей системы сбора данных, основанной на принимающей электронике стандарта МИСС. Программные модули предназначены для упрощения разработки программного обеспечения. Также рассматриваются модули, осуществляющие передачу данных по сети и их прием.

Abstract

Bogolyubsky M.Yu. et al. Software Modules of the Triggerless Data Acquisition System for Detector Based on the Drift Tubes: IHEP Preprint 2012–5. – Protvino, 2012. – p. 8, figs. 3, table 1, refs.: 14.

The paper describes a software implementation of data acquisition system modules based on receiving electronics standard MISS. Software modules are designed to simplify software development. We consider also modules performing data transmission over the network and its reception.

Введение

В настоящее время детекторы на основе дрейфовых трубок используются во многих физических экспериментах и проектах [1-3], для которых система сбора данных является неотъемлемой частью.

Поэтому в группе больших трековых детекторов, которая занимается изготовлением детекторов, появилась задача разработки программных модулей (ПМ) для системы сбора данных (ССД), регистрация сигналов в которой осуществляется электронной аппаратурой в стандарте МИСС [4], разработанном в ИФВЭ.

Перед началом разработки были рассмотрены, следующие системы сбора данных для экспериментальных установок в физике высоких энергий:

- DATE [4] – универсальная система, предназначенная для построения любых программ сбора данных – от самых простых до самых сложных. Разработана и продолжает совершенствоваться коллаборацией ALICE на большом адронном коллайдере для применения участниками этого эксперимента. В настоящее время данного программного обеспечения нет в свободном доступе;
- MIDAS [5] используется во многих физических экспериментах, например [6, 7], универсальная система без привязки к конкретной принимающей электроники, с момента существования были разработаны и добавлены, как стандартные, драйвера для электроники стандарта CAMAC, FASTBUS и VME. Доступна под лицензией GNU.
- Sonix [8] – система сбора данных, разработанная в Дубне в ОИЯИ. Программное обеспечение взаимодействует с крейтом VME;
- Sonix+ [9] – развитие системы сбора данных Sonix, развивается по сей день. Обладает хорошо продуманным графическим интерфейсом. Sonix+ является разработкой ОИЯИ Дубна, но ни Sonix, ни Sonix+ нет в открытом доступе.

Практически все рассмотренные программные пакеты – это сложные универсальные системы, более того только MIDAS находится в открытом доступе. К тому же, не один из рассмотренных программных пакетов не имеет драйвера для используемой принимающей электроники, а значит часть ССД придется писать в любом случае, независимо от того будет ли использоваться существующий программный комплекс ССД или нет.

ПМ предназначены для передачи информации с принимающей электроники в компьютер, сохранения в файл или ее передачи по сети. В целом необходимо разработать информационно-измерительную систему, но в данной статье будет описана только часть ССД, которая взаимодействует с электроникой ЛЭ-83Т и ЛЭ-78Т, и программные модули, которые отвечают за прием и передачу данных по сети.

При реализации ПМ был использован объектно-ориентированный подход в программировании и язык программирования С++. В состав разработанных ПМ входят:

- основной модуль ССД;
- модуль работающий с электроникой;
- модуль сервера передачи данных;
- модуль клиента принятия данных.

Аппаратная часть системы сбора данных

На рис. 1 отображено схематическое представление электроники системы сбора

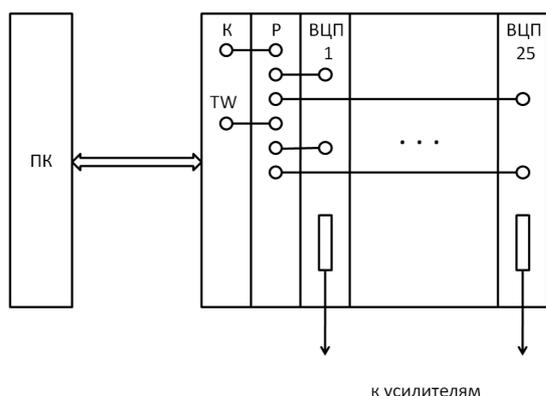


Рис. 1. Структурная схема электроники сбора данных.

данных. Она включает в себя контроллер связи (К), разветвитель сигналов (Р) и 25 время-цифровых преобразователей (ВЦП) ЛЭ-78Т.

В качестве контроллера связи используется модуль ЛЭ-83Т, который подключается к компьютеру через интерфейсную плату PCI-QBus [5]. Контроллер, кроме функции интерфейса между персональным компьютером и магистралью каркаса

МИСС, вырабатывает управляющие сигналы для модулей ВЦП: тактовая частота

25 МГц, последовательность TW (Time Window) – временные интервалы, в течение которых модули ВЦП осуществляют прием входных сигналов и формирование цифровых кодов времени. Длительность TW (5,12-256 мкс, шаг изменения 5,12 мкс) и их количество (1-1023) задаются программно при инициализации системы.

Модуль ЛЭ-78Т – это 32-канальный 16-разрядный ВЦП с временным разрешением 5 нс, изготовленный в модуле единичной ширины системы МИСС. Регистрация происходит во всех каналах в течение сигнала TW независимо друг от друга.

Каналы модуля разбиты на 2 группы по 16 каналов. Каждую группу обслуживает один блок памяти типа FIFO размером 256 слов по 32 разряда. За каждый акт регистрации/преобразования в блок памяти заносится 32-разрядное слово, несущее информацию о времени, номере временного окна TW и адресе сработавшего канала.

Формат данных, считываемых из модуля, приведен в табл. 1. В четных и нечетных словах, если счет начинать с единицы, № модуля и № канала продублированы. В предпоследнем слове в данных всегда хранится 0. В последнем слове хранится длительность последнего TW в отсчетах TDC, в адресной части всегда 0. Нули могут использоваться как разделители между данными, прочитанными с различных модулей. Если в модуль за цикл измерений, состоящий из установленного числа TW, ничего не попало, он выдаст только два последних слова. Аналогичный формат данных используется при записи данных в файл.

Таблица 1. Представление формата данных.

№ слова	разряды данных																разряды адреса															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0					
нечетное слово	время от начала RUN до прихода сигнала																№ модуля				№ канала											
четное слово	№ временного окна								№ канала								№ модуля				№ канала											
п/последнее слово	0																№ модуля				не имеет смысла											
последнее слово	длительность последнего RUN в отсчетах TDC																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Программная реализация системы сбора данных

Запуск аппаратуры для приема данных производится по команде компьютера («software trigger»). Алгоритм сбора данных и записи в файл начинается с конфигури-

рования системы сбора данных, как программной части, так и аппаратной, следующими параметрами:

- длительность TW;
- количество TW;
- количество событий (событие – это порция данных, принятая за временной промежуток, равный произведению длительности временного интервала на количество таких интервалов);
- время, в течение которого осуществляется сбор данных.

Сам алгоритм представлен на рис. 2.

После конфигурации ССД запускается цикл, в котором происходит прием событий. Блок-схема вычитывания одного события из электроники представлена на рис. 3. Процедура начинается с включения режима измерения: контроллер начинает вырабатывать сигналы TW в соответствии с заданными параметрами. После включения режима измерения устанавливаем временную задержку, меньше или равную времени одного события, тем самым, передаем ядро центрального процессора другим процессам на время набора данных.

По истечении времени установленной задержки, в цикле начинаем проверять флаг готовности к чтению данных (ФГЧ) в регистре контроллера. После завершения выдачи сигналов TW в ФГЧ устанавливается единица и контроллер приступает к опросу модулей ВЦП и передаче полученной информации в ПК. Цикл прерывается, если:

- 1) опрошены все модули;
- 2) произошла ошибка синхронизации работы контроллера с ВЦП;
- 3) принято количество слов больше допустимого числа.

Сбор данных прекращается, если истекло установленное время набора данных или накоплено необходимое количество событий. Также предусмотрен вариант прерывания сбора данных пользователем.

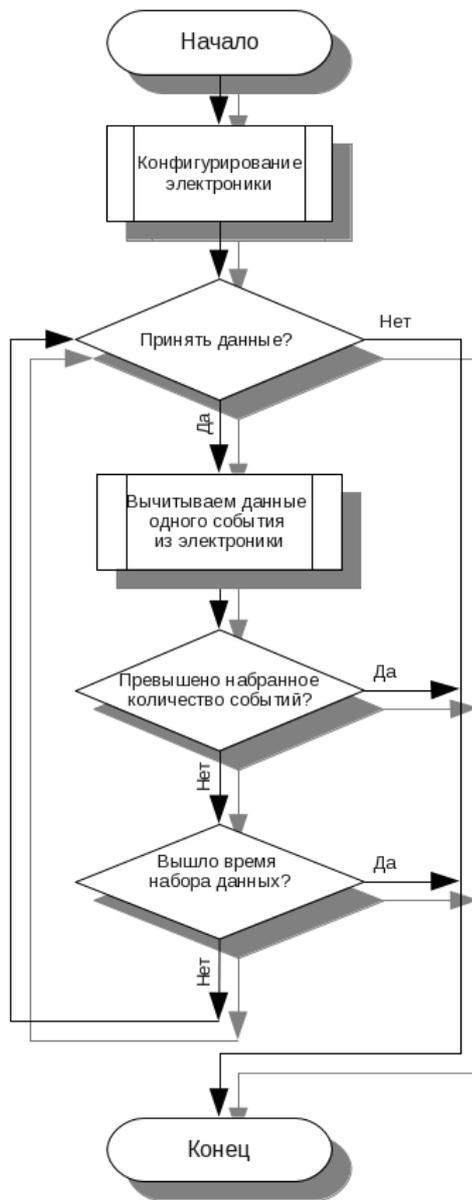


Рис. 2. Алгоритм сбора данных.



Рис. 3. Блок-схема чтения одного события.

Передача данных по сети

Для передачи данных был разработан класс `server_tcp` с использованием классов `QTcpSocket` и `QTcpServer` кросс-платформенной библиотеки Qt [6]. Этот класс позволяет передавать данные по сети:

- в приложение, обрабатывающее данные;
- в место хранения – хранилище.

Для передачи данных был реализован блочориентированный протокол высокого уровня построенный на основе TCP. Передача данных осуществляется массивом байт, где первые два байта содержат информацию о количестве байт передаваемых данных, следом идут сами данные.

Запуск сервера начинается выполнением метода `start ()`, в котором вызывается метод `listen ()`, параметром в него передается номер порта. При возникновении ошибки метод `listen ()` возвращает `false`. Если удалось захватить порт для «прослушки», то слот `slotNewConnection ()` соединяется с сигналом `newConnection ()`, который высылается при каждом подключении нового клиента.

При подключение клиента для подтверждения соединения в `slotNewConnection ()` вызывается метод `nextPendingConnection ()`, возвращающий сокет, посредством которого будет осуществляться дальнейшая связь с клиентом. Сигнал `disconnected ()`, выслаемый сокетом при отсоединении клиента, соединяется с стандартным слотом `deleteLater ()`, предназначенным для его последующего уничтожения. Дальнейшая работа сокета обеспечивается сигнально-слотовыми связями [7]. Данные, которые необходимо передать клиенту, передаются методу `sendToClient (int* data)`.

Для приема данных был создан класс клиента `client_tcp`. В его реализации использован объект класса `QTcpSocket`. У этого объекта вызывается метод `connectToHost ()`, передав в него, первым параметром, имя компьютера или IP-адрес, а вторым – номер порта сервера. Метод `connectToHost ()` устанавливает связь с сервером и в случае успеха выдаст сигнал `connected ()`. В противном случае будет выслан сигнал `error (int)` с кодом ошибки, определенным в перечислении `QAbstractSocket::SocketError`. В случаях возникновения ошибок, сокет высылает сигнал `error ()`, который соединен со слотом

slotError (), предназначенный для обработки кода ошибки. После установления соединения, объект класса QTcpSocket может считывать данные сервера.

Коммуникация сокетов асинхронна. Сокет высылает сигнал connected (), как только будет произведено соединение, а так же сигнал readyRead () при готовности предоставить данные для чтения. Сигнал readyRead () соединяется с слотом slotReadyRead (), в котором и производится вычитывание данных, переданных сервером.

Заключение

Разработанные программные модули предназначены для упрощения разработки программного обеспечения систем сбора данных, основанной на принимающей электронике ЛЭ-83Т и ЛЭ-78Т.

Реализованные ПМ выполняют следующие задачи:

- чтение номеров модулей электроники, принимающих данные;
- сбор данных с принимающей электроники;
- запись данных в файл;
- передачу данных по сети:
 - на удаленный компьютер для хранения данных;
 - на удаленный компьютер, в приложение, для обработки данных.

Авторы выражают благодарность В.А. Сенько и Н.А. Шаланде за помощь в сборке аппаратной части ССД, а также Р.М. Фахрутдинову за помощь в организации работ.

Список литературы

- [1] А.А. Борисов, М.Ю. Боголюбовский, Н.И. Божко, А.Н. Исаев и др. "Установка «мюонный томограф» с площадью перекрытия 3×3 м²". Препринт ИФВЭ 2011-7. – Протвино, 2011. - 18 с.
- [2] Green J.A., Alexander C., Asaki T. et al Optimizing the tracking Efficiency for Cosmic Ray Muon Tomography. IEEE – 2006, p. 285-288.

- [3] Aad G., Abat E., Abdallah J. et al. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. JINST 3 (2008) S08003.
- [4] <https://ph-dep-aid.web.cern.ch/ph-dep-aid/>
- [5] <http://midas.psi.ch/>
- [6] М.Ю. Боголюбский, В.А. Викторов, В.А. Онучин, В.С. Петров и др. Многомашинный комплекс сбора данных эксперимента “Гиперон-М” на основе электроники в стандартах МИСС и СУММА. Приборы и техника эксперимента, 2007, №4.
- [7] А.А. Волков, В.П. Ефремов, А.Ю. Калинин, Ю.Д. Карпеков и т.д. Система сбора данных установки ФОДС. Препринт ИФВЭ 2011-16, Протвино, 2011.
- [8] Н.В. Астахова, К. Вальтер, Н.Д. Дикусар, И. М. Саламатин и т.д. Комплекс программ для оптимальной настройки детекторов дифрактометра EPSILON. Сообщение ОИЯИ, Дубна 2002, P13-2002-94.
- [9] <http://sonix.jinr.ru>
- [10] А.С. Кирилов. Современное состояние и перспективы развития программного обеспечения комплекса спектрометров реактора ИБР-2М. Препринт ОИЯИ, Дубна 2011, P10-2011-101.
- [11] Ю.Б. Бушнин, А.Н. Исаев, А.К. Коноплянников, В.А. Сенько и др. «Быстродействующая система регистрации и триггеров электроники для экспериментальных исследований в ИФВЭ». Препринт ИФВЭ ОЭА, №88-47, 19 с.
- [12] Петров В.С., Якимчук В.И. «Аппаратура для подключения электронных систем МИСС, КАМАК и СУММА к персональному компьютеру» Препринт ИФВЭ 2011-21. – Протвино, 2011. – 19 с.
- [13] <http://qt.nokia.com> - библиотека qt
- [14] <http://doc.crossplatform.ru/qt/4.5.0/signalsandslots.html> - сигналы и слоты | документация

Рукопись поступила 21 февраля 2012 г.

М.Ю. Боголюбский и др.

Программные модули бестриггерной системы сбора данных детектора на дрейфовых трубках.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати	14.03.2012.	Формат	$60 \times 84/16$.	Офсетная печать.		
Печ.л.	0,75.	Уч.–изд.л.	0,96.	Тираж 80.	Заказ 35.	Индекс 3649.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142281, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2012-5, ИФВЭ, 2012
