

УДК 004.4

**ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ ОЦИФРАТОРАМИ DG5742****Жукова Алёна Олеговна<sup>1</sup>, Стрекаловский Олег Викторович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Магистрант;  
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления;  
Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: lenka1683@yandex.ru.

<sup>2</sup>Доцент кафедры персональной электроники;  
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления;  
Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: stroleg1@yandex.ru.

*При объединении нескольких скоростных цифровых оцифраторов DG5742, работающих с частотой оцифровки 5 GHz, необходимо учитывать ряд конструктивных особенностей. В статье предлагается метод, позволяющий измерить временные интервалы между сигналами, подключенными к входам резных модулей, за счет коррекции положения, зарегистрированного импульса относительно триггерных импульсов. С помощью временного калибратора ORT462 продемонстрирована эффективность предложенного метода. Программа для управления оцифраторами DG5742 разработана в среде LabVIEW и успешно применяется в ЛЯР ОИЯИ.*

**Ключевые слова:** измерение временных интервалов, цифровой оцифратор, электронные приборы, управляющая программа.

**CONTROL OF SEVERAL DG5742 DIGITIZERS****Zhukova Alena<sup>1</sup>, Strekalovsky Oleg<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Graduate student;  
Dubna State University,  
Institute of system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: lenka1683@yandex.ru.

<sup>2</sup>Associate professor of personal electronics Department;  
Dubna State University,  
Institute of system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: stroleg1@yandex.ru.

*When several high-speed digital digitizers DG5742 work together with a sampling rate of 5 GHz, it is necessary to take into account a number of design features. The method of measuring time intervals between signals connected to the inputs of different devices by correcting the position of the recorded impulses with respect to the trigger pulses is proposed in the article. Using the time calibrator ORT462, the effectiveness of the proposed method was demonstrated. The program for controlling the digitizers DG5742 was developed in the LabVIEW environment and is successfully applied at the FLNR of JINR.*

**Keywords:** measurement of Time Intervals, Digitizer, Electronic Instrumentation, Control Program.

При увеличении числа детекторов в исследовательской установке необходимо увеличивать число каналов регистрации. Наиболее естественный путь заключается в наращивании числа одинаковых модулей, объединенных общим сигналом запуска системы сбора данных. При объединении несколь-

ких многоканальных оцифраторов фирмы CAEN DG5742 [1] с целью увеличить число каналов в рамках одного события необходимо учитывать некоторые конструктивные особенности этих блоков.

При работе оцифратора DG5742 для каждого канала регистрации входные аналоговые сигналы непрерывно записываются в циклический аналоговый буфер, состоящий из 1024 ячеек, реализованный на микросхеме типа DRS4 (Domino Ring Sampler) [2]. Частота оцифровки 5 ГГц. Когда появляется триггерный сигнал, состояние аналогового буфера «замораживается» (вход временно отключается) и происходит оцифровка каждой аналоговой ячейки с 12-разрядным разрешением в цифровой буфер. Во время процесса преобразования данных из аналоговой в буферную память блок не может обрабатывать другие входные триггерные сигналы в течение 181 мкс.

Для того, чтобы скорректировать конструктивные особенности входной части аналоговой быстропереключаемой памяти, для каждой схемы DRS4 требуется амплитудная и временная коррекция. Данные для процедуры калибровки записаны для каждого устройства при изготовлении блока DG5742 и требуют выполнения специального калибровочного алгоритма после того, как данные оцифрованы и переданы в память персонального компьютера.

Для тестовых целей регистратор может имитировать записанные в буферную память коды АЦП, например, записать в память линейно нарастающий сигнал (рис.1). Если к такому идеальному сигналу применить процедуру калибровки, то данные принимают вид, приведенный на рис.2.

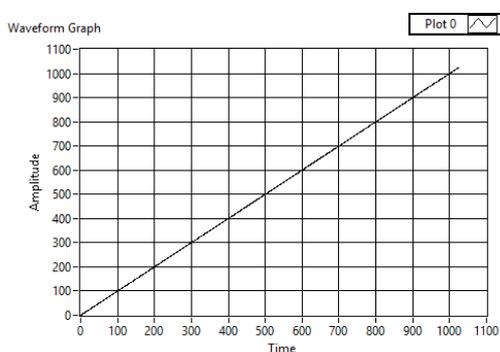


Рис. 1. Линейно-нарастающий сигнал, записанный в цифровую память регистратора

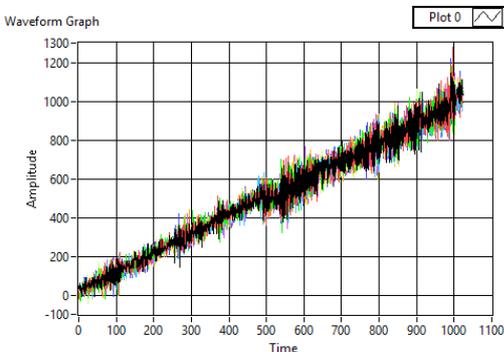


Рис. 2. Вид линейного сигнала после операции амплитудной коррекции

Для подключения блоков DG5742 к персональному компьютеру применяется либо стандарт USB, либо система на базе волоконно-оптического кабеля SONET2 (с контроллером A3118 [3]). Можно подключить к одной линии до 8 цифровых регистраторов со скоростью передачи 80 МБ/с.

В нашей группе для исследования механизмов спонтанного и индуцированного деления тяжелых ядер [3] в настоящее время применяются различные модификации время-пролетных спектрометров [4, 5] с PIN диодами в качестве регистрирующих элементов.

К одному событию относится зарегистрированная информация, связанная с одновременно пришедшими сигналами на входы TR IN оцифраторов. Цифровая буферная память модулей DT5742 имеет организацию типа FIFO, и при чтении происходит передача информационных блоков. В блоке содержится заголовок с данными о размере события, идентификаторе, счетчике событий и две группы данных с результатами оцифрованной информации с каждого из 18 внешних входов.

Блочный режим чтения подразумевает чтение всех событий, находящихся в буфере FIFO. Это приводит к тому, что если началось чтение данных регистратора и в буфере несколько событий, то буфер должен быть прочитан полностью и только после этого начнется чтение буфера FIFO второго регистратора. Чтобы избежать такой ситуации, приходится ограничивать размер буфера FIFO на возможность записи только одного события и дополнительно контролировать номера зарегистрированных событий в каждом регистраторе. Если номера зарегистрированных событий не совпали, это означает, что произошел сбой и в одно событие попадают данные, относящихся на самом деле к разным событиям (привязаны к разным сигналам на запуск триггеров TR IN).

Для того, чтобы исследовать вопрос одновременности измерений при работе с несколькими регистраторами, была реализована схема измерений, приведенная на рис. 3. Сигналы с блока TIME

*CALIBRATOR ORTEC 462* [6] разветвлялись и подавались на входы цифровых регистраторов. Генератор вырабатывает сигнал Старт, который одновременно подается на входы Старт00 и Старт18 и триггерные входы Tr1 и Tr2 модулей *DG5742*, и сигнал Стоп, который подан на вход Стоп01 и Стоп18. Длительность интервала между сигналами Старт и Стоп меняется с шагом 10 нс от запуска к запуску в диапазоне до 80 нс, с точностью +/-10пс.

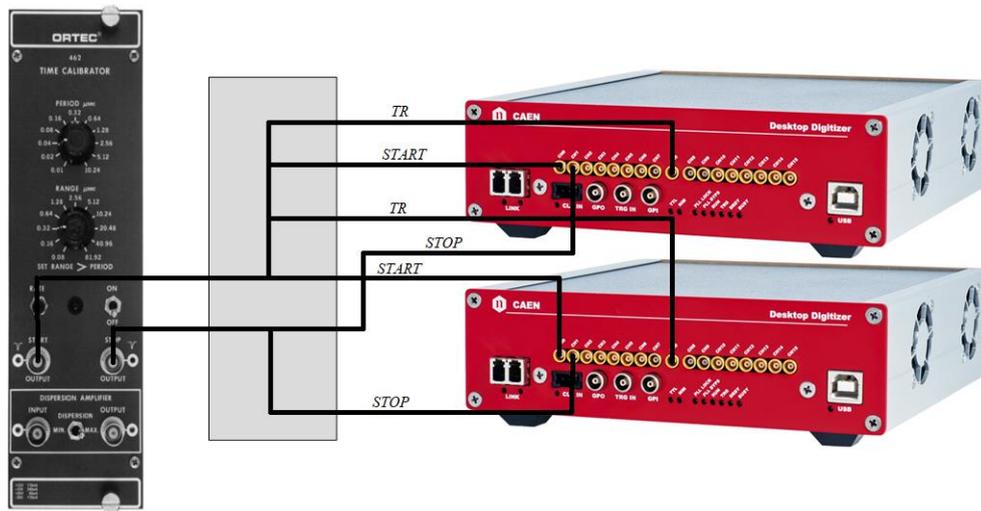


Рис. 3. Схема подключения временного калибратора *ORTEC 462* к оцифраторам *DG5742*

Гистограмма измерения времени между сигналами Старт1 и Стоп1 в одном регистраторе приведена на рис.4, центры тяжести пиков точно соответствуют ожидаемым от генератора интервалам. Можно оценить суммарную ошибку метода и канала регистрации по полной ширине на половине высоты ПШПВ (или 2,35 сигма), получается около 300пс. На ошибку влияют как электронный тракт (генератор, разветвитель, цифровой оцифровщик), так и алгоритмы выбора момента и способа привязки к фронту регистрируемых сигналов.

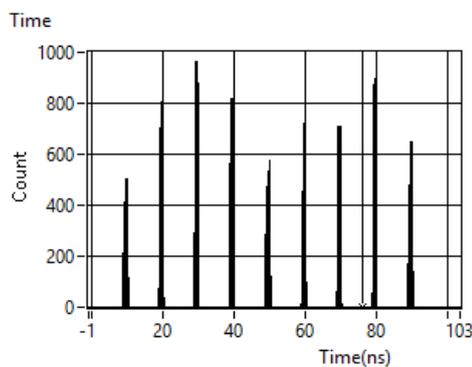


Рис. 4. Спектр, получаемый при измерении временных интервалов от калибратора *ORTEC* при подаче сигналов на входы одной микросхемы *DRS4*. Старт – Стоп1

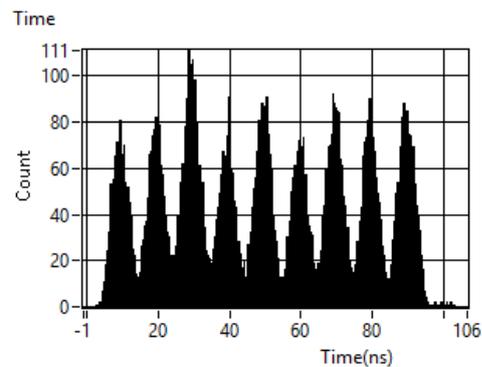


Рис. 5. Спектр при подаче сигнала Старт на вход одного регистратора, а сигнала Стоп на вход другого регистратора

Однако, если в качестве сигнала Старт1 взять сигнал с первого регистратора, а Стоп2 со второго, то разрешение катастрофически ухудшается (Рис.5). Были проведены дополнительные измерения, такие, как измерение времени задержки между зарегистрированными оцифраторами сигналами Старт1 и Старт2 (это в действительности одновременные сигналы), и зарегистрированными триггерными сигналами Tr1, Tr2, Tr3, Tr4. При сравнении распределение появления сигнала Старт1 относительно сигнала Старт2 с распределением регистрируемых для каждой микросхемы *DRS4* триггерных сигналов (моменты, когда происходит остановка циклического переключения ячеек аналоговой памяти) Tr1 и Tr3 (Tr2 относится к второй микросхеме *DRS4* первого регистратора), видно, что они очень похожи (Рис.6). Это позволяет при определении измеряемых интервалов внести поправку в

положение сигнала Старт2, равную разности измеренного временного интервала соответствующих триггерных каналов. После такой поправки спектр Старт1 – Стоп2 приведен на рис.8.

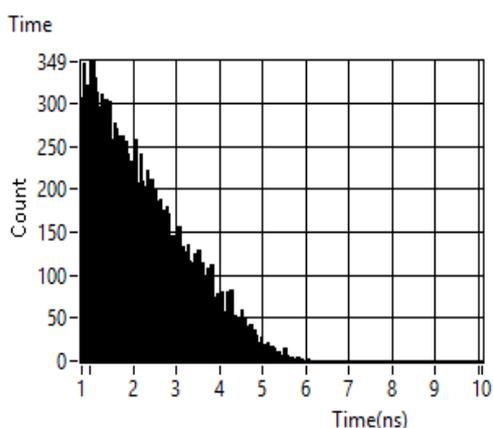


Рис. 6. Распределение временных интервалов между сигналами Старт1 и Старт2, зарегистрированных в разных регистраторах

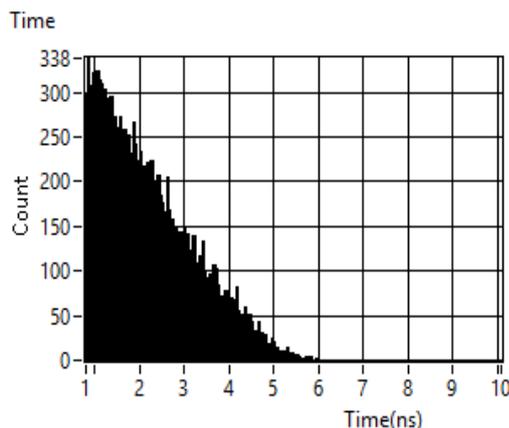


Рис. 7. Распределение временных интервалов между сигналами Tr1 и Tr3, зарегистрированных в разных регистраторах

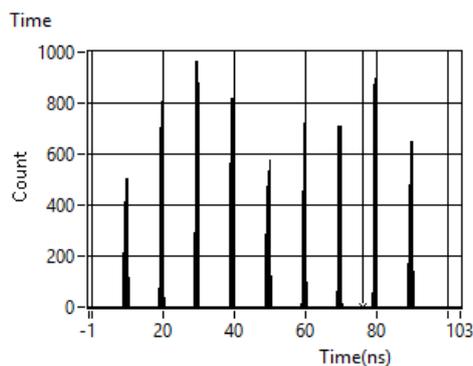


Рис. 8. Спектр, получаемый при измерении временных интервалов от калибратора при подаче сигналов на входы разных микросхем DRS4 после учета поправки положения сигналов в соответствии с положением соответствующих триггерных сигналов

Для настройки режимов работы регистраторов и записи накопленных данных была разработана программа DT32, которая позволяет задать способ подключения к компьютеру, частоту оцифровки (5 ГГц, 2.5 ГГц, 1 ГГц), уровни смещения для регистрируемых сигналов, пороговый уровень для триггеров запуска и область отображения относительно триггера запуска. Панель оператора программы приведена на рис.9. Программа реализована в среде LabVIEW и использует специализированные библиотеки фирмы CAEN.

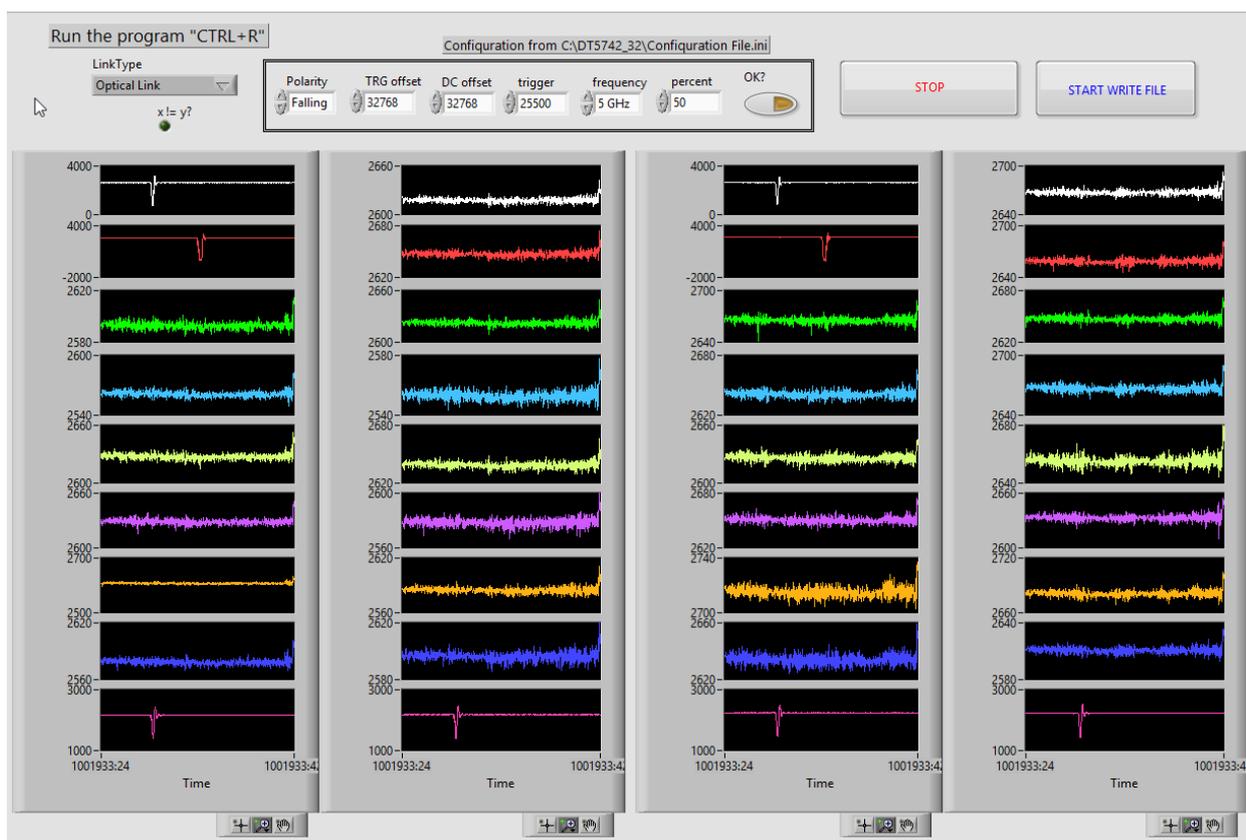


Рис. 10. Лицевая панель программы

В настоящее время программа управления регистраторами применяется при проведении многодневных круглосуточных экспериментов по изучению деления в ЛЯР ОИЯИ.

### Список литературы

1. Компания Saen. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.caen.it>. — Дата обращения 17.03.2018 г.
2. Ritt S. Development of high speed waveform sampling ASICs. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://psi.ch>. — Дата обращения 17.03.2018 г.
3. Pyatkov Yu.V., Kamanin D.V., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Goryainova Z.I., Malaza V., Mka-za N., Kuznetsova E.A., Strekalovsky A.O., Strekalovsky O.V., and Zhuchko V.E. Examination of evidence for collinear cluster tri-partition // Physical Review. — 2017. — Art. 064606. — С 96.
4. Стрекаловский А. О., Каманин Д. В., Пятков Ю. В., Жучко В. Е., Илич С., Александров А. А., Александрова И. А., Джэйкобс Н., Кузнецова Е. А., Мышинский Г. В., Стрекаловский О. В. Измерение времени пролета тяжелых ионов кремниевыми рpn диодами // Ядерная физика и инжиниринг, 2015. — Т. 6. — № 5-6. — С. 290-296.
5. Kamanin D.V., Pyatkov Yu.V., Zhuchko V.E., Kondratyev N.A., Alexandrov A.A., Alexandrova I.A., Jacobs N., Kuznetsova E.A., Malaza V., Mulgin S.I., Strekalovsky A.O., Strekalovsky O.V. The COMETA spectrometer for study of multi-body decays of heavy nuclei // Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, Alushta, Ukraine. — 21-26 May, 2012. — Dubna 2013. — Pp. 117-123.
6. ORTEC 462 User Manual. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ortec-online.com/>. — Дата обращения 17.03.2018 г.