

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР СЕРИЙ ИМПУЛЬСОВ

А. С. Ажеганов, К. В. Кузнецова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Цель данной работы: разработать программируемый генератор серий импульсов (ГСИ) в соответствии с техническим заданием.

Программируемый ГСИ предназначен для создания последовательностей импульсов произвольной длительности [2]. Разрабатываемый генератор должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Длительность временных интервалов 10 мкс-100 с.
2. 8 выходных каналов.
3. Шаг дискретизации – 1 мкс.
4. Выходные уровни сигналов – уровни ТТЛ.
5. Задание вида последовательности, длительностей импульсов, а также выходных каналов с компьютера.
6. Возможность задания последовательности, состоящей из неограниченного числа импульсов и пауз различных длительностей.

В настоящее время подобные генераторы, полностью удовлетворяющие перечисленным выше требованиям, не выпускаются серийно. Это приводит к актуальности данной разработки.

Процесс разработки генератора разбился на три этапа:

1. Сначала была предпринята попытка реализовать генератор на дискретных элементах. Идея его была взята из схемы ГСИ, который входит в состав импульсного автоматизированного когерентного ЯКР-спектрометра, ранее разработанного в университете [1]. Для этого были разработаны и изготовлены следующие платы: формирователь длительностей, делитель частоты, генератор опорной и частоты отладочная плата с микроконтроллером. Но микроконтроллер работает на частоте 16 МГц, что ограничивает максимальную частоту следования генерируемых импульсов, также при реализации счетчиков на микросхемах стабильная работа достигалась только при частотах <1МГц.
2. Далее была исследована возможность построения генератора на серийно выпускаемых приборах фирмы «Актаком», а именно генераторе цифровых последовательностей, логическом анализаторе и осциллографе. Преимуществом данных приборов является то, что теоретически можно сколь угодно много наращивать систему из подобных приборов и осуществлять управление с одного компьютера. Также большинство приборов Актаком обладают возможностью их программирования. Однако при его разработке была обнаружена одна особенность внешней синхронизации генератора: система реагирует только на первый поступающий синхроимпульс, который запускает генерацию, что полностью не подходит разрабатываемой системе. А также производителем не предусмотрена возможность программирования

осциллографа. Поэтому пришлось искать другие технические решения для разработки генератора.

3. В качестве итогового варианта были выбраны следующие средства:

ГСИ был реализован программно на отладочной плате STM32F3. Использование данной платы обусловлено частотными характеристиками (максимальная частота 72 МГц), наличием внутренних таймеров, на которых можно построить формирователь и делитель частоты. Программируемый осциллограф построен на основе модульного осциллографа фирмы NI Scope 5102, устанавливаемого в шасси PXI.

При испытании было выяснено, что длительности импульсов и пауз, генерируемых на выходах отладочной платы, соответствуют длительностям импульсов и пауз, задаваемых программно (рис. 1).

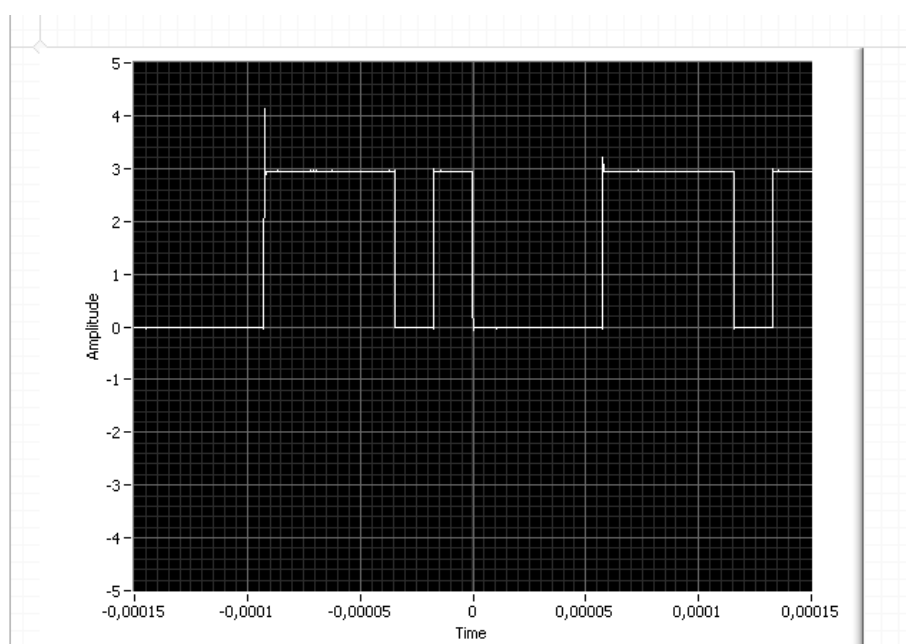


Рис. 1. Чередование импульса и паузы длительностью импульса 20 мкс и импульса и паузы длительностью импульса 100 мкс

Помимо разработки ГСИ естественным является необходимость создания программируемого осциллографа, ПО которого может быть сопряжено с ПО генератора. Осциллограф необходим для того, чтобы наблюдать сигнал отклика изучаемой системы, получать накопления сигнала для увеличения соотношения сигнал/шум, огибающую сигнала, его спектр и параметры спектра, которые требуются для анализа изучаемой системы.

К разрабатываемому осциллографу предъявляются следующие требования:

- внешняя синхронизация;
- изменяемая частота дискретизации и количества отображаемых точек;
- возможность накопления сигнала по сигналам синхронизации;
- возможность отображения сигнала без накопления в реальном времени;
- отображение огибающей сигнала по итогам накопления;

- отображение спектра сигнала по итогам накопления;
- вывод параметров спектра;
- сохранение данных в файл.

Осциллограф был испытан в составе импульсного когерентного спектрометра. Испытания проводились при исследовании сигнала ЯКР кристаллического порошка закиси меди CuO_2 на ядрах Cu^{63} . Температура образца составляла 27°C . Огибающая сигнала, его спектр и параметры изображены на рис. 2.

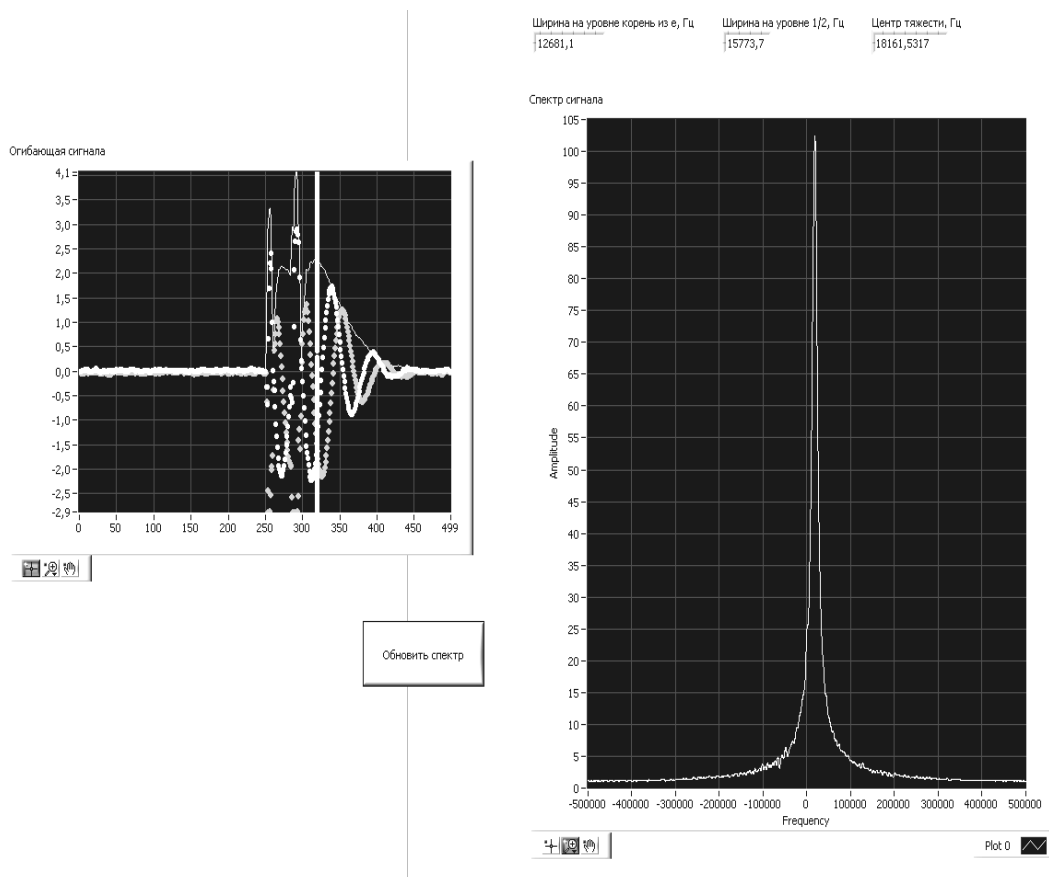


Рис. 2. Огибающая и спектр сигнала при испытаниях на ядрах Cu^{63}

На входы двух каналов осциллографа поступали сигналы с выходов квадратурного детектора приемника сигналов ЯКР. Наблюдались сигналы отклика спиновой системы ядер, возбужденной последовательностью из двух радиоимпульсов. Сигналы с двух каналов детектора одинаковые, но сдвинуты по фазе на 90° . Сигнал синхронизации с ГСИ поступал на соответствующий вход осциллографа.

Разработанные программируемые ГСИ и осциллограф были испытаны при совместной работе в составе данного спектрометра. В испытания проводились на ядрах Cl^{35} кристаллического порошка KClO_3 .

Для возбуждения изучаемой спиновой системы необходимы следующие длительности импульсов: « 90° – радиоимпульса» $t_{90}=15\text{мкс}$ и « 180° – радиоимпульса» $t_{180}=30\text{мкс}$. Интервал между импульсами составляет 600 мкс , пауза после второго импульса равно $0,1\text{ с}$. Генерация описанной выше последовательности проводилась на втором канале ГСИ. На первом канале генерировался синхроимпульс для запуска осциллографа.

Отчетливо видны зондирующие импульсы и сигналы свободной индукции и спинового эха (рис. 3).

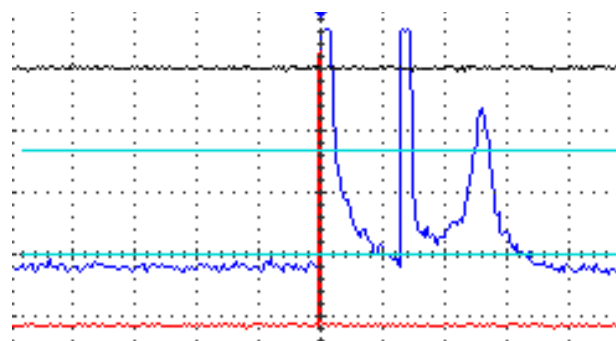


Рис. 3. Испытания на ядрах Cl^{35}

В процессе выполнения данной работы были разработаны программируемые ГСИ и осциллограф. Разработанные устройства были протестированы как по отдельности, так и в составе спектрометров ЯКР. При испытании ГСИ и осциллограф показали свою работоспособность и соответствие требованиям технического задания.

Разработанный программируемый ГСИ может найти широкое применение. Он может быть использован как отдельно, так и вместе с разработанным программируемым осциллографом в качестве универсального программатора, генератора многофазных импульсных последовательностей для испытаний устройств автоматики, управления шаговыми двигателями, для диагностики цифровых схем, например, приборов с зарядовой связью [3]. В настоящее время ГСИ используется в составе радиоспектрометра ЯКР для исследования влияния заданной последовательности радиоимпульсов на спиновую систему ядер в изучаемом образце.

Список литературы

1. Автоматизированный импульсный Фурье-спектрометр ядерного квадрупольного резонанса. Техническое описание. Пермь: Пермский университет, 1983.
2. Ажеганов А. С., Данилов А. В., Кибрик Г. Е. Автоматизированный импульсный Фурье-спектрометр ядерного квадрупольного резонанса // Радиоспектроскопия. Пермь: Пермский университет, 1985. С. 313–326.
3. АКТАКОМ Pattern Generator АНР-3516. Руководство по эксплуатации.