

Измеритель скорости счета для спектрометрии, с дискриминатором импульсов на входе

Автор: Илья Мамонтов
 Сопровождающий проект: Есть
 Семейство микросхем: CY8C27xxx
 Версия PSoC Designer: 4.2b
 Ссылки на дополнительные документы: AN2144

Резюме

Этот документ описывает способ селекции импульсов с последующим измерением скорости счета на основе использования PSoC микросхемы. В сопровождающем проекте находится пример конфигурации микросхемы для обработки микросекундных импульсов, имеющих большую скорость поступления. Результат измерения преобразуется в напряжение и может быть визуализирован любым вольтметром.

Введение

В рентгеновской, а также альфа-, бета- и гамма- спектрометрии, термин «скорость счета» означает среднее за некоторый промежуток времени количество импульсов, пришедших с детектора. Основной задачей является отбор (дискриминирование) импульсов определенной амплитуды с последующим измерением их скорости счета.

На рис.1 интересующий диапазон амплитуд показан серым цветом, а импульсы, подлежащие счету, выделены красным.

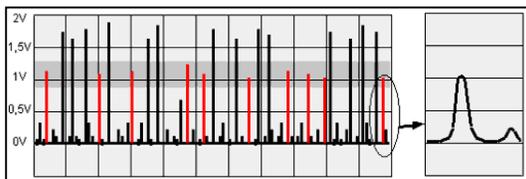


Рис. 1: Последовательность импульсов с детектора (после предусилителя)

Традиционный способ дискриминирования импульсов заключается в объединении двух компараторов и так называемой схемы антисовпадений, как это показано на рис.2.

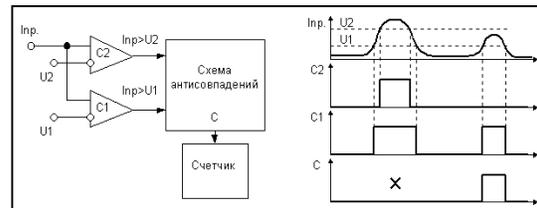


Рис. 2: Схема селекции импульсов

Два компаратора с регулируемыми порогами срабатывания могут классифицировать импульсы на три категории: попадающие в интересующий диапазон $U1...U2$, попадающие в область выше $U2$ и попадающие в область ниже $U1$.

Схема антисовпадений должна пропускать на счетчик все импульсы, пришедшие с компаратора $C1$, за исключением тех, которые совпадают по времени с импульсами от компаратора $C2$.

Время нарастания и спада реальных входных импульсов имеет конечное значение, поэтому фронты импульсов с компараторов оказываются немного сдвинуты, что приводит к усложнению схемы антисовпадений.

Документ AN2144 («Оконный дискриминатор») описывает технику селекции импульсов с использованием программной «схемы анти-

совпадений». Такая реализация, конечно, ограничивает применение этого метода областью медленноменяющихся сигналов. Для достаточно же быстрых сигналов, таких, как импульсы с детектора, желательно использование аппаратной схемы антисовпадений. К сожалению, среда разработки PSoC не предоставляет соответствующих Модулей Пользователя.

Реализация на PSoC

Способ реализации аппаратной схемы антисовпадений заключается в использовании

двух отдельных счетчиков. Если вы проанализируете, то увидите, что количество импульсов, попадающих в интересующий диапазон будет равняться разности между попавшими в область выше U1 и попавшими в область выше U2. В этом случае программе останется только извлечь показания счетчиков, вычесть одно значение из другого и представить результат измерения в удобном виде.

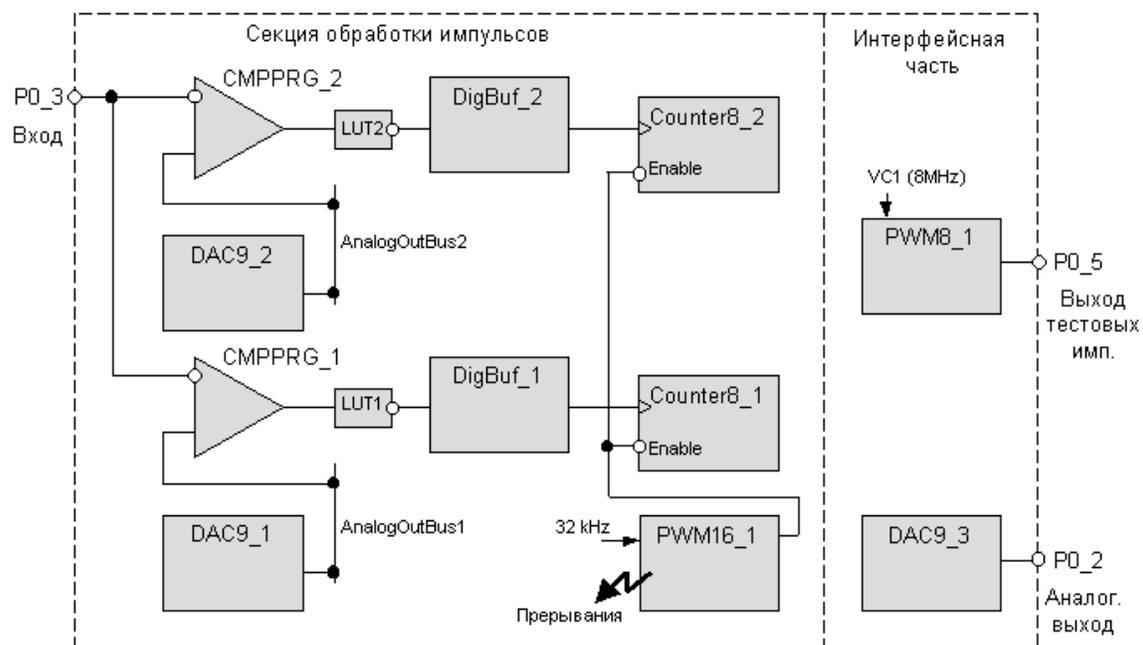


Рис. 3: Блок-схема внутренней организации на PSoC

Конфигурация PSoC микросхемы для решения такой задачи показана на рис.3.

Импульсы с вывода P0_3 подаются на компараторы CMPPRG_1 и CMPPRG_2. Чтобы завести сигналы с компараторов на счетчики Counter8_1 и Counter8_2, понадобились цепочки из блоков LUT и модулей DigBuf. Модули ЦАП DAC9_1 и DAC9_2 задают нижний и верхний пороги срабатывания компараторов.

Некоторые трудности возникают при разводке входов комараторов. Стандартный Модуль Пользователя CMPPRG не позволяет соединять инвертирующий вход с шиной AnalogOutBus, а неинвертирующий – с

источником импульсов (как это показано на рис.2). Обходной путь – это подсоединить неинвертирующий вход к шине AnalogOutBus (средствами редактора PSoC Designer), а инвертирующий вход – к входному мультиплексу InputMUX (с помощью программирования соответствующих регистров микросхемы). Вот код, который делает это:

```
or reg[CMPPRG_1_COMP_CR1], 0b00111000
or reg[CMPPRG_2_COMP_CR1], 0b00111000
```

Логика работы компараторов от этого несколько изменится. Выправляет ее узел LUT с функцией “~A”, который инвертирует выход компаратора, хотя по большому счету это и не требуется для нормальной работы (ну

будут в этом случае счетчики срабатывать не по переднему фронту импульса, а по заднему).

Еще важно сделать «прозрачными» все защелки на пути сигнала (как на выходах компараторов, так и на шинах ComparatorBus):

```

;do transparent the latches
;of ComparatorBus 1 and 2
or reg[COMP_CR1],0b01100000
;do transparent the comparator1 output
and reg[CMPPRG_1_COMP_CR2],~0x40
;do transparent the comparator2 output
and reg[CMPPRG_2_COMP_CR2],~0x40

```

Для сокращения места счетчики выбраны 8-битные. Большая (16 бит и более) разрядность обеспечивается их программным расширением. Для этого разрешаются прерывания по переполнению, в обработчике которых сделано инкрементирование «программных» счетчиков.

Сигнал разрешения для Counter8_1 и Counter8_2 подается от одного источника. Сделано это для их одновременного запуска и останова. Разрешающий сигнал подается с выхода ШИМ-генератора PWM16_1 через

цепочку линий BC1 и BC2. Период, во время которого выход внутреннего компаратора PWM16_1 равен нулю, задает время измерения. В период, когда счетчики остановлены («Compare True»), данные извлекаются из регистров, сами счетчики подготавливаются для следующего цикла, а результат обрабатывается. Все эти действия стимулируются прерыванием от PWM16_1 по положительному перепаду сигнала «Compare True».

С помощью ЦАП DAC9_3 текущий результат измерения выдается в виде напряжения. Выходное напряжение ЦАП сделано пропорциональным скорости счета и обновляется при каждом прерывании от PWM16_1.

Модуль PWM8_1 генерирует тестовую последовательность импульсов для проверки работоспособности измерителя.

Оба модуля (PWM8_1 и DAC9_3) необязательны и добавлены в проект только для демонстрации работоспособности.

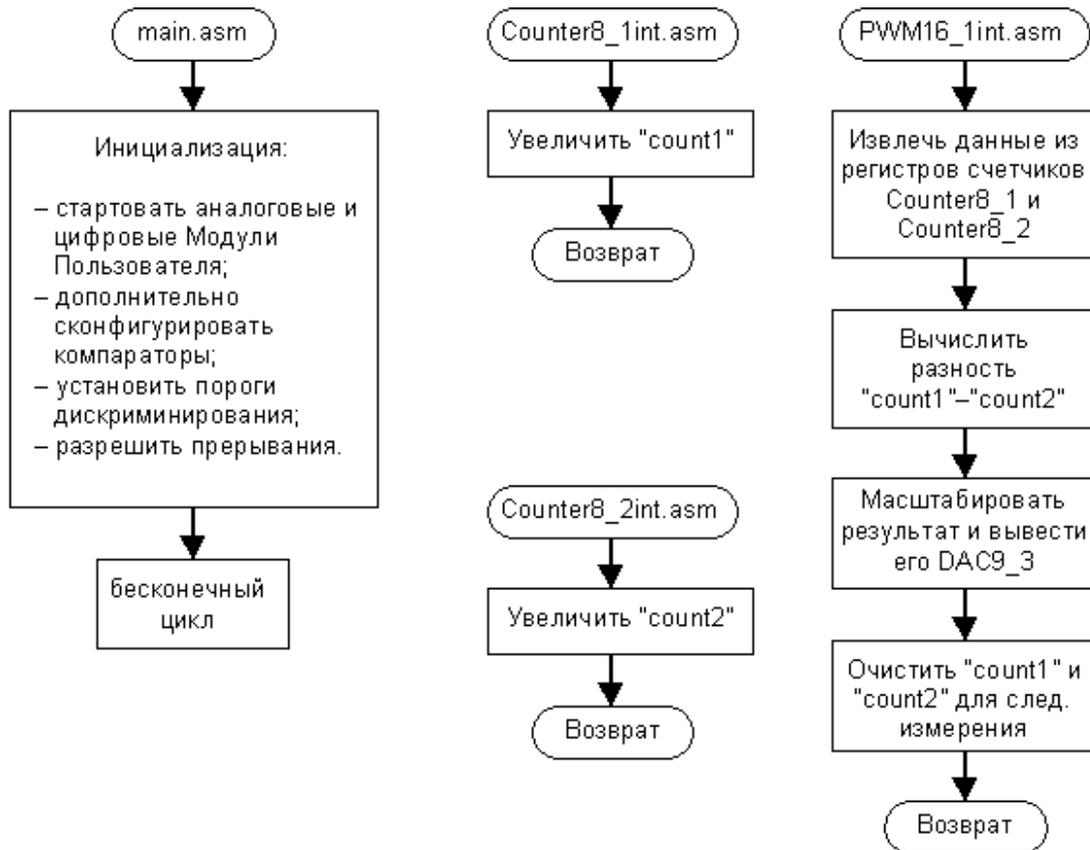


Рис. 4: Алгоритм работы программы

Работа программы

Алгоритм работы очень прост (рис.4). Основная программа вначале устанавливает параметры аналоговых и цифровых модулей, разрешает прерывания, а затем закидывается. После этого начинают работать три отдельных потока команд..

Первый и второй потоки – это прерывания от счетчиков Counter8_1 и Counter8_2. В этих потоках только инкрементируются четыре байта 5-байтовых переменных “count1” и “count2”. Пятые (недостающие, самые младшие) байты извлекаются из регистров счетчиков в третьем потоке.

Третий поток команд самый главный. Он создается прерываниями от PWM16_1. Поскольку счетчики на этот период остановлены, можно спокойно манипулировать их регистрами а также переменными “count1” и “count2”

В третьем потоке данные извлекаются из счетчиков, подсчитывается их разность, результат приводится к 9-битному виду и помещается в ЦАП DAC9_3. В конце прерывания все счетчики обнуляются для следующего цикла измерения.

Основные характеристики

1. Напряжение питания 5.00 В (определяет пороги дискриминирования).
2. Диапазон входных амплитуд 0...5 В.
3. Уровень «нулевой линии» 0В.
4. Максимальная скорость счета 400 кимп/с* при минимальной длительности импульсов 1,2 мкс (ограничена быстродействием внутренних компараторов).
5. Диапазон уровней дискриминирования 0...5В (511 шагов). В этой версии верхний и нижний уровень заданы жестко и составляют примерно 3 и 4 В.
6. Время измерения 0,1 с, скорость обновления выходной информации 9,7 отсчетов в секунду.
7. Параметры аналогового выхода:
 - диапазон напряжений 0...5В (511шагов);
 - зависимость выходного напряжения от скорости счета – линейная;
 - крутизна преобразования 0,0125 В/кимп/с*. Выходному напряжению 5В соответствует скорость счета 400 кимп/с.
8. Генератор тестовых импульсов:
 - амплитуда импульсов 5В;
 - частота повторения 200 кГц;
 - длительность импульсов 1,25 мкс.

* имп/с – импульсов в секунду, кимп/с = 1000 имп/с.

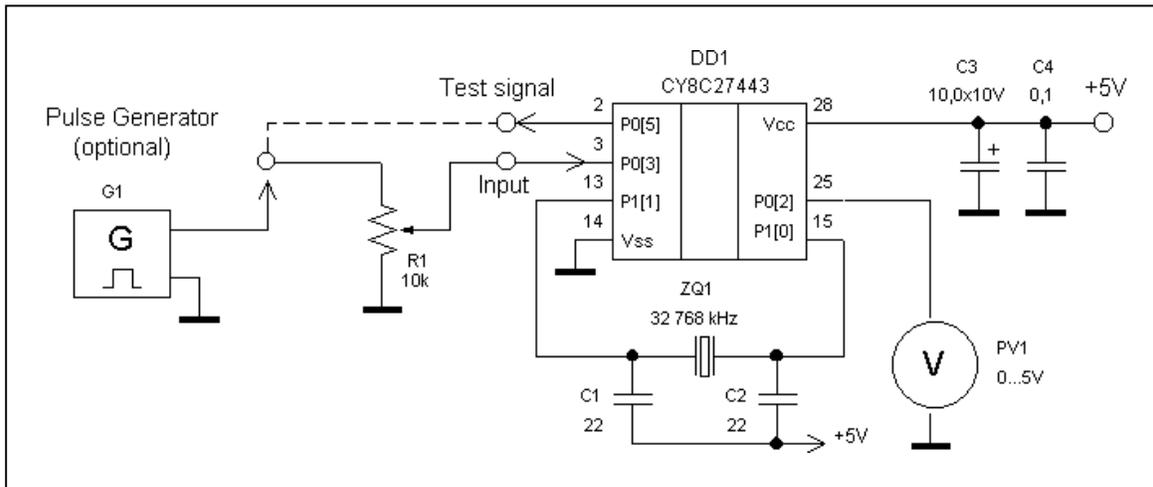


Рис. 5: Электрическая схема для тестирования

Проверка работоспособности

Соберите схему согласно рис.5.

Если вы используете отдельный генератор, установите амплитуду импульсов порядка 5В, либо меняйте ее средствами генератора (вместо использования потенциометра R1). Также установите частоту повторения



импульсов 200 кГц и длительность импульсов 1,2 ... 2 мкс.

Проверку начните с малых амплитуд (потенциометр R1 установлен в ближайшем к земле положении). Наблюдайте за показаниями вольтметра PV1. Пока амплитуда импульсов не превышает 3В, показания будут нулевыми. Вращайте потенциометр до получения амплитуды импульсов более 3В. Теперь вольтметр будет показывать значение 2,5В (это половина от максимального значения, так как наши 200 кГц составляют половину от максимальных 400).

Если продолжать повышать амплитуду и пересечь отметку 4В, то показания опять станут нулевыми. Это означает, что устройство реагирует только на импульсы, лежащие в диапазоне от 3 до 4В.

Отдельный генератор позволяет менять частоту импульсов. Если теперь установить амплитуду порядка 3,5, то при изменении частоты от 0 до 400 кГц выходное напряжение будет меняться от 0 до 5В. Этим самым мы моделируем разную степень воздействия облучения на детектор.

Заключение

Архитектура PSoC позволяет строить дискриминаторы импульсов для диапазона 0...400 кимп/с, а также измерители скорости счета «в одном флаконе».

Недостатки:

- требовательность к качеству входного сигнала (зашумленности и форме);
- ложные срабатывания (лишние отсчеты), если амплитуда импульсов вплотную подходит к порогам дискриминирования.

Модули PWM8_1, PWM16_1 и DAC9_3 используются только для демонстрации возможностей и могут быть заменены другими средствами. Оставшееся свободное место может использоваться либо для добавления второго канала счета, либо для организации «довеска» к первому каналу. В последнем случае количество счетчиков увеличивается до 3-х, количество порогов – тоже до 3-х, а две образовавшиеся смежные области могут использоваться для авт. настройки дискриминатора на интересующие импульсы (если последние имеют нормальное распределение амплитуд вокруг некоторого среднего значения).

Другие пути улучшения:

- использование внутренних источников опорных напряжений (эта версия в качестве опорного использует напряжение питания +5В);
- реализация другой, например, логарифмической зависимости выходного напряжения от скорости счета;
- использование более продвинутых методов обработки (пример: коррекция результата при больших скоростях счета из-за того, что реальные импульсы могут перекрывать друг друга и считаться за один).

About the Author

Name: ILYA MAMONTOV
Title: Electronic Engineer
Background: Designing, modernisation, repair and servicing of measurement devices
Contact: illinoys@narod.ru subj: PSOC AN

Cypress Microsystems, Inc.
2700 162nd Street SW, Building D
Lynnwood, WA 98037
Phone: 800.669.0557
Fax: 425.787.4641

<http://www.cypress.com/> / http://www.cypress.com/aboutus/sales_locations.cfm / support@cypressmicro.com

Copyright © 2003 Cypress Microsystems, Inc. All rights reserved.

PSoC™ (Programmable System-on-Chip™) is a trademark of Cypress Microsystems, Inc.

All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

The information contained herein is subject to change without notice.