



Оливер Ровини, Артур Пини, Грег Тейт, Свен Харниш

Модульные дигитайзеры и генераторы сигналов в физических измерениях

Модульные дигитайзеры и генераторы сигналов являются мощными инструментами, применяемыми как в научно-исследовательской сфере, так и в промышленности. Немецкая компания Spectrum GmbH – эксперт в разработке и производстве таких устройств. В статье приводятся примеры использования дигитайзеров и программируемых генераторов сигналов для тестирования автомобильного оборудования.

Транспортные средства, встречающиеся сегодня на дорогах, имеют десятки электронных систем и подсистем, состоящих из микропроцессоров, преобразователей, исполнительных механизмов и переключателей. Это и элементы управления двигателем, и климат-контроль, и системы помощи водителю, и комбинации приборов, и развлекательные системы, а также многое другое. Сложность всех этих взаимосвязанных систем требует большой гибкости измерительных приборов, которые можно было бы быстро перенастроить для обработки нескольких каналов, различной пропускной способности, увеличенного разрешения и длительной записи данных. Модульные дигитайзеры и источники сигналов являются прекрасными инструментами для настройки и тестирования автомобильных систем.

ТЕСТИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Технологии автоматизации придают любому устройству больше функциональности. Возьмём, к примеру, ключ-брелок автомобиля – он превратился из простого механического ключа в миниатюрный электронный блок, имеющий функции дистанционного открытия (RKE – Remote Keyless Entry), дистанционного запуска двигателя и бес-

контактного ключа зажигания. Для обеспечения дистанционного использования ключа и удалённого запуска брелок содержит сверхвысокочастотный (UHF – Ultrahigh Frequency) передатчик с интеллектуальным кодированием посылок, гарантирующим безопасность. Проверка и тестирование работы этих устройств на физическом уровне требуют инструментов, способных получать и измерять радиочастотные сигналы относительно большой длительности и выполнять их дополнительную обработку для извлечения из сигнала различной информации. Таким образом, для контроля параметров устройств RKE подходящими измерительными приборами являются модульные дигитайзеры, а анализ типовых тестов RKE подскажет, какими параметрами должен обладать необходимый для этого модульный дигитайзер.

Устройства RKE работают в промышленных, научных и медицинских (Industrial, Scientific and Medical – ISM) полосах частот, разрешающих нелицензируемую радиопередачу с низким уровнем мощности. Используемые для этого номинальные частоты в Соединённых Штатах и Японии составляют 315 и 433,92 МГц, в Европе – 434,79 и 868 МГц. Несущие модулируются либо с помощью амплитудно-сдвигового алгоритма (амплитудно-сдвиговая манипу-

ляция – Amplitude-Shift Keying, ASK является формой амплитудной модуляции, которая представляет цифровые данные в виде вариаций амплитуды несущей волны), где амплитуда несущей изменяется в интервале между двумя уровнями, либо с помощью частотно-сдвигового алгоритма (Frequency Shift Keying, FSK – вид манипуляции, при которой скачкообразно изменяется частота несущего сигнала в зависимости от значений символов информационной последовательности), где частота несущей изменяется между двумя значениями. При этом протокол, используемый для передачи данных в компьютер автомобиля, является ноу-хау каждого производителя. Как правило, пакеты данных состоят из посылок размером 64–255 бит, передаваемых со скоростью от 1 до 20 кбит/с. Пакеты включают преамбулу, код команды и плавающий код. Сегмент кода команды пакетов данных управляет доступом к транспортному средству. Обычно это команды блокировки и разблокировки дверей, запуска двигателя и включения аварийной сигнализации. Плавающий (скользящий) код – это функция безопасности, гарантирующая, что при каждом последующем использовании не будет отправлен один и тот же код. Модуль RKE или брелок обмениваются данными с автомобилем через модуль

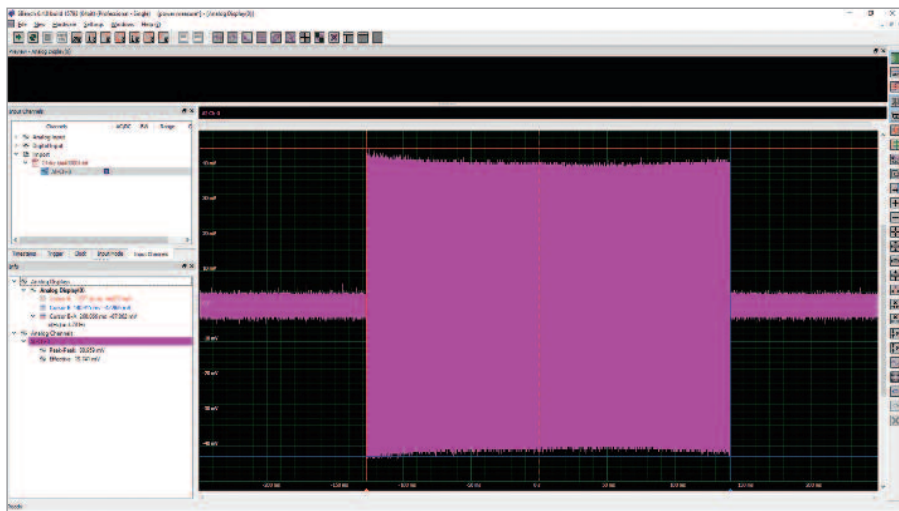


Рис. 1. Типовой пакет RKE длительностью 269 мс

управления кузовным оборудованием (BCM – Body Control Module), управляющий электромеханическими устройствами в автомобиле. Типичный пакет данных, передаваемый с брелока RKE, продемонстрирован на рис. 1. Пакет был получен в ближнем поле путём перехвата посылки. Его длительность, измеренная курсорами, с показаниями, отображаемыми в информационной панели внизу слева, составляет 269 мс. Несущая частота, как известно, составляет 433,92 МГц. Такое сочетание относительно высокой частоты несущей и большой длительности посылки делает измерение сложным для многих приборов. Прибор, используемый для получения этого сигнала, должен иметь ширину полосы пропускания, превышающую несущую частоту. Поскольку полоса пропускания обычно определяется как точка половинной мощности или -3 дБ на частотной характеристике прибора, общей практикой для обеспечения работы в самой плоской части частотной характеристики прибора является выбор прибора с удвоенной

шириной полосы пропускания сигнала. Частота дискретизации измерительного прибора должна быть больше удвоенной ширины полосы сигнала. Таким образом, для узкополосной несущей 433,92 МГц частота дискретизации должна составлять не менее 868 Мсэмпл/с. Такие инструменты, как используемый в этом примере дигитайзер, обеспечивают частоту дискретизации (двоичных «срезов») до 5 Гэмпл/с, поэтому здесь можно использовать частоты дискретизации 5, 2,5 или 1,25 Гэмпл/с, так как все они минимум в два раза превышают тактовую частоту сигнала. Для накопления данных дискретизации со скоростью 5 Гэмпл/с и продолжительностью 269 мс потребуется 1,345 гигабайтных отсчётов (Гэмпл) памяти. Отбор проб на 1,25 Гэмпл/с потребовал бы 336 мс. Пример на рис. 1 был получен на приборе Spectrum Instrumentation, модель M4i.2230-x8 (рис. 2). Это одноканальный 8-разрядный дигитайзер с полосой пропускания 1,5 ГГц, максимальной частотой дискретизации 5 Гэмпл/с и памятью

для сбора 4 Гэмпл данных. Память на 4 Гэмпл может сохранять 800 мс данных с частотой дискретизации 5 Гэмпл/с. Это обеспечивает хорошее временное разрешение, которое полезно при интерпретации сигналов с фазовой или частотной модуляцией. Модульные дигитайзеры также предлагают несколько режимов сбора данных, предназначенных для повышения эффективности использования памяти сбора данных и уменьшения времени задержки между циклами измерений, особенно с сигналами с малым коэффициентом заполнения. С точки зрения измерения амплитуды входного сигнала, этот дигитайзер имеет минимальный входной диапазон ± 200 мВ и дополнительный диапазон пониженных напряжений ± 40 мВ на полную шкалу, которые хорошо согласуются с амплитудой сигнала 89 мВ от пика до пика при установке параметра прямого аналогового измерения в программном обеспечении. Входной импеданс платы составляет 50 Ом при полосе пропускания цифрового преобразователя 1,5 ГГц.

Для отображения полученных от RKE данных используется программный пакет SBench 6 компании Spectrum Instrumentation. Это мощное программное обеспечение с интуитивно понятным интерфейсом, позволяющее собирать, измерять и обрабатывать данные без необходимости писать программный код для программирования дигитайзера. ПО включает в себя широкий спектр инструментов измерения и обработки сигналов для оценки устройств типа RKE, а также многих других. Имеются инструменты для автоматического измерения полученного сигнала, быстрого преобразования Фурье (FFT), для спектрального анализа и фильтрации. В качестве примера на рис. 3 пока-



Рис. 2. Дигитайзер Spectrum Instrumentation M4i.2230-x8

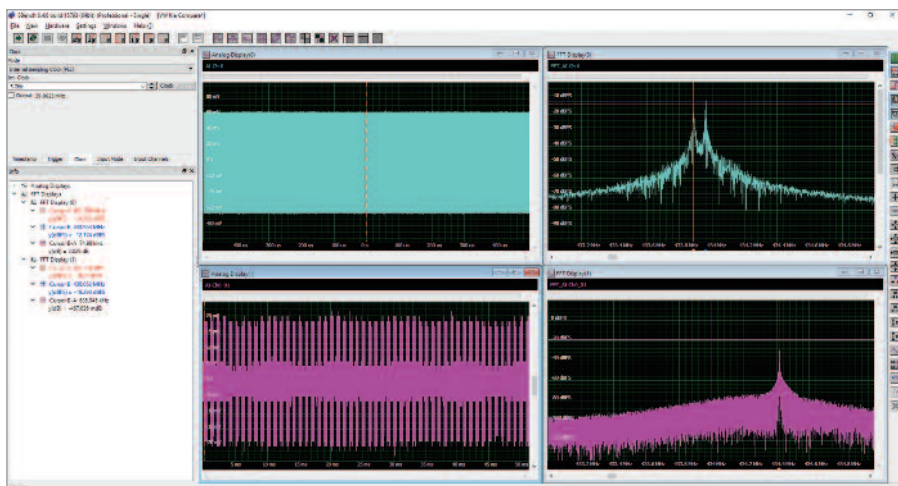


Рис. 3. Формы сигнала при двух различных методах модуляции RKE

зано сравнение двух разных брелоков RKE, выполненное на базе M4i.2230-x8 и SBench 6. Кривая в верхней левой части картинки иллюстрирует сигнал FSK. Для установки двоичного состояния «0» или «1» несущая меняет частоту. Это можно увидеть на результате быстрого преобразования Фурье (Fast Fourier Transformation – FFT) в верхней правой части картинки. Здесь частотный спектр имеет две спектральные линии: одна на частоте 433,89 МГц, а другая, как отмечено курсором, на 433,96 МГц. Они симметрично разнесены на 70 кГц друг от друга относительно номинальной несущей частоты 433,92 МГц. Функция FFT позволяет дигитайзеру действовать в качестве анализатора радиочастотного спектра, отображая частоту или спектральное представление формы сигнала, при этом для данных целей не требуется отдельный инструмент. Сигнал брелока RKE, показанный в нижней левой части, демонстрирует амплитудную манипуляцию (ASK). Двоичные данные модулируют амплитуду несущей, что приводит к появлению огибающей сиг-

нала в виде импульсов прямоугольной формы. FFT сигнала ASK имеет один спектральный пик на несущей частоте 434,41 МГц. Дальнейший анализ этих сигналов RKE возможен с использованием инструментов обработки сигналов, доступных в SBench 6. Можно демодулировать сигналы обоих типов, как показано на рис. 4.

Сигнал ASK может быть демодулирован путём умножения на самого себя, возведения в квадрат, а затем фильтрации нижних частот результата. По существу, таким образом выполняется вычисление RMS (RMS – Root Mean Square – среднеквадратичное значение). Это показано на рисунке в нижней правой части. Демодуляция сигнала FSK осуществляется с использованием вычисления его крутизны. Сигнал пропускается через фильтр верхних частот. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра выбирается таким образом, чтобы сдвиг частоты несущей находился на срезе АЧХ фильтра. Это приводит к тому, что сигналы разных частот приобретают различия по ам-

плитуде. Затем амплитудно-модулированный сигнал демодулируется с использованием ранее описанной схемы процесса RMS. Результат показан в верхней правой части рисунка. Демодуляция сигнала RKE позволяет определять физические характеристики модуляции, такие как скорость передачи данных, рабочий цикл, время нарастания в привязке к меткам синхронизации. Пример, показанный на рис. 5, иллюстрирует демодулированные на основе алгоритма FFT данные RKE. Данные между курсорами вмещают четыре импульса в правой части дисплея.

Частота данных импульсов составляет 2 кГц, коэффициент заполнения 49,8%, а время нарастания – 602 нс. Эта информация жизненно важна при устранении неполадок, но она неочевидна из результатов анализа необработанной модулированной несущей FSK. Ещё более сложный анализ данных может быть проведён с использованием стороннего программного обеспечения, такого как MATLAB или LabVIEW, или даже пользовательского ПО на C, C++ или Python. Эти сторонние программы дают, например, возможность быстрого декодирования пакетов данных. Поскольку такие программы имеют разнообразные настройки, они дают большую гибкость и обеспечивают намного больше аналитических возможностей, включая декодирование протокола. К преимуществам возможностей обработки вне дигитайзера можно добавить быстрый интерфейс PCI Express x8 Gen 2 цифрового преобразователя M4i.2230-x8. Данный интерфейс при использовании драйверов Spectrum на хост-компьютерах соответствующей производительности позволяет достигать скорости передачи данных более 3,4 ГБ/с. Такая скорость передачи очень важна при работе с оцифрованными сигналами, имеющими объёмы в сотни мегабайт, поскольку позволяет быстро передавать данные на главный компьютер.

Для пользователей, обладающих навыками программирования среднего уровня, доступна ещё большая вычислительная мощность в виде опции доступа к Spectrum CUDA (технология на основе стандарта параллельных вычислений NVIDIA) для параллельной обработки (SCAPP), которая обеспечивает прямой канал между дигитайзером и графическим процессором (GPU) на основе CUDA. В результате многопроцессорное ядро GPU и сверхбольшой объём графической памяти становятся

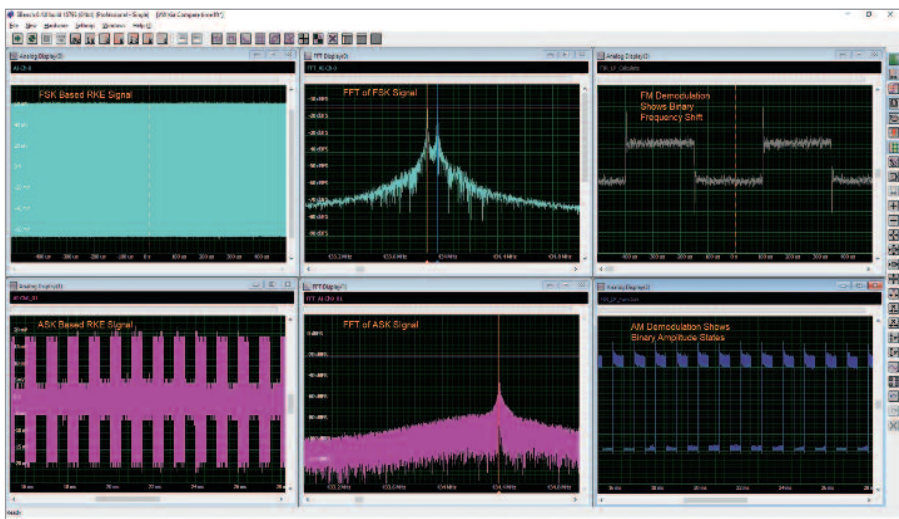


Рис. 4. Демодуляция сигналов в ПО SBench 6

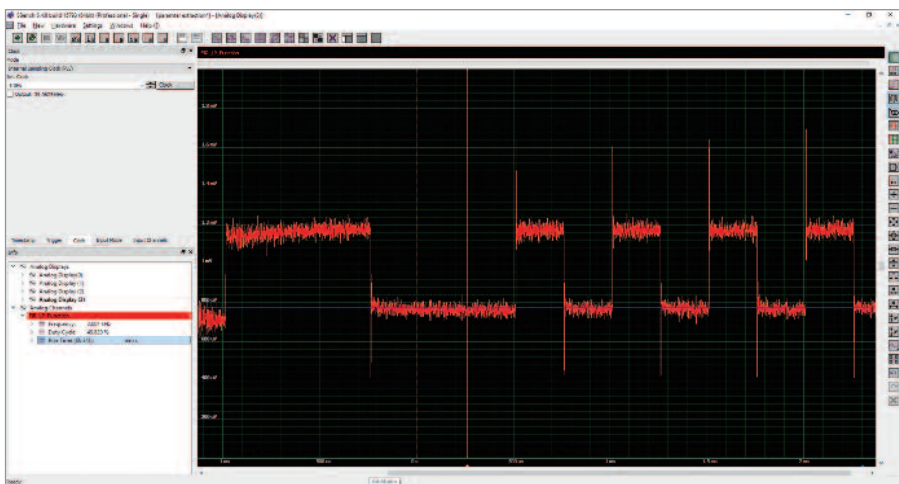


Рис. 5. Измерения параметров демодулированного сигнала FSK

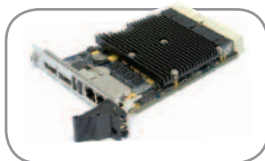
Скорость и надежность
современных
ТЕХНОЛОГИЙ



Поддерживаемые ОС



CompactPCI 2.0, 2.16, 2.30, Serial



CPC512

Intel Core i7
1xGbe, 2xPCIe x8, 4xPCIe x4
для межмодульной
коммутации



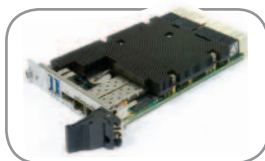
CPC514

Эльбрус-4С
8 ГБ RAM, 16 ГБ SSD,
3xSATA II, 9xUSB 2.0,
3xGbe



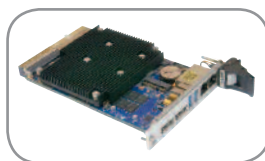
CPC516

Байкал-Т
5xPCIe 1.0, SATA III, 2xGbe,
DP 1920x1080@60 кадр/с



CPC518

Intel Xeon D
32 ГБ DDR4, 24xPCIe 3.0,
2xSPF + 10 Gbe,
DP 1920x1440@60 кадр/с



CPC520

AMD Ryzen Embedded
8 ГБ DDR4, 16 ГБ SSD,
2xDP 4K, 2xUSB 3.0





Рис. 6. Портативная мобильная тестовая система на основе PCIe-дигитайзеров

доступными для высокоскоростной обработки сигналов. В данном случае приложение может обеспечить значительно более быстрое время фильтрации и обработки FFT.

Высокочастотные модульные дигитайзеры серии M4i.22xx компании Spectrum Instrumentation являются прекрасными инструментами для тестирования RKE или связанных с ними активных устройств радиочастотной идентификации (RFID), разделяющих один и тот же частотный УКВ-диапазон. Они используют высокочастотную несущую, модулированную цифровым сигналом с относительно низкими скоростями передачи данных, что требует чрезвычайно длительных циклов оцифровки с высокими частотами дискретизации. Цифровые преобразователи имеют полосу пропускания 1,5 ГГц, совместимую с тестируемыми устройствами. Они обеспечивают максимальную частоту дискретизации 5 Гэмпл/с и имеют память для сбора данных 4 Гэмпл, что позволяет захватывать большие пакеты данных при самых высоких частотах выборки. Этот механизм сбора данных поддерживается шиной PCI Express 3,4 ГБ/с, обеспечивающей быстрое перемещение данных на хост-компьютер для их анализа и архивирования. В данном случае это хорошо соответствующее цели приложение и комбинация инструментов.

Модульные тестовые установки для автомобилестроения

Модульность требует приведения размера традиционных приборов к одной печатной плате. Таким образом, не-

сколько плат могут быть вставлены в конструктив с общим компьютерным интерфейсом, питанием и межсоединениями. Модульные инструментальные системы включают компьютеры, использующие стандартный интерфейс PCIe, PXI-шасси или блоки на основе LXI. Как правило, в тестовую систему собираются и настраиваются инженером несколько плат. Система может содержать множество типов инструментов, один тип инструмента с множеством каналов или их комбинацию.

На рис. 6 показан портативный компьютер, оборудованный двумя модульными цифровыми преобразователями PCIe. Эта компактная автономная установка может использоваться в транспортном средстве для проведения измерений непосредственно во время движения автомобиля.

Модульные системы на основе PXI не столь автономны и требуют укомплектования внешними мониторами и клавиатурами, но зато предлагают большее количество модульных инструментов в едином корпусе. Системы на базе LXI (в качестве примера можно привести digitizer NETBOX от Spectrum) хорошо подходят в качестве основы для лабораторных установок мобильного использования, поскольку обеспечивают большое количество каналов и возможность подключения через локальную сеть для прямого соединения с ноутбуком или пультом дистанционного управления и мониторинга.

ТЕСТИРОВАНИЕ БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ АВТОМОБИЛЕЙ

Основой для автомобильных электронных подсистем являются микропроцессорные модули. Рассмотрим универсальный автомобильный микроконтроллер, схема которого показана на рис. 7.

Эти микроконтроллеры отличаются от стандартных более высокими уровнями защиты от воздействия окружающей среды и надёжности, а также добавлением специализированных автомобильных шин и интерфейсов, таких как CAN, LIN и PSI5. Эти интерфейсы позволяют микроконтроллеру связываться с другими процессорами, преобразователями и исполнительными механизмами.

Контроллерная сеть, или CANbus (Controller Area Network – сеть контроллеров), является наиболее сложной из представленных здесь шин данных и служит сегодня основой многих автомобильных каналов передачи данных. В своей базовой модификации она поддерживает обмен данными со скоростью от 20 кбит/с до 1 Мбит/с по двухпроводной шине с использованием дифференциальной витой пары (чаще всего), по которой передаются пакеты данных размером от 0 до 8 байт. Более новая версия протокола CAN FD (Controller Area Network Flexible Data-Rate) расширяет пакеты данных до 64 байт, а скорость обмена – до 12 Мбит/с.

Локальная межсоединительная сеть, или шина LIN (Local Interconnect Network), – это более дешёвая шина, используемая для снижения затрат при построении некритических приложе-

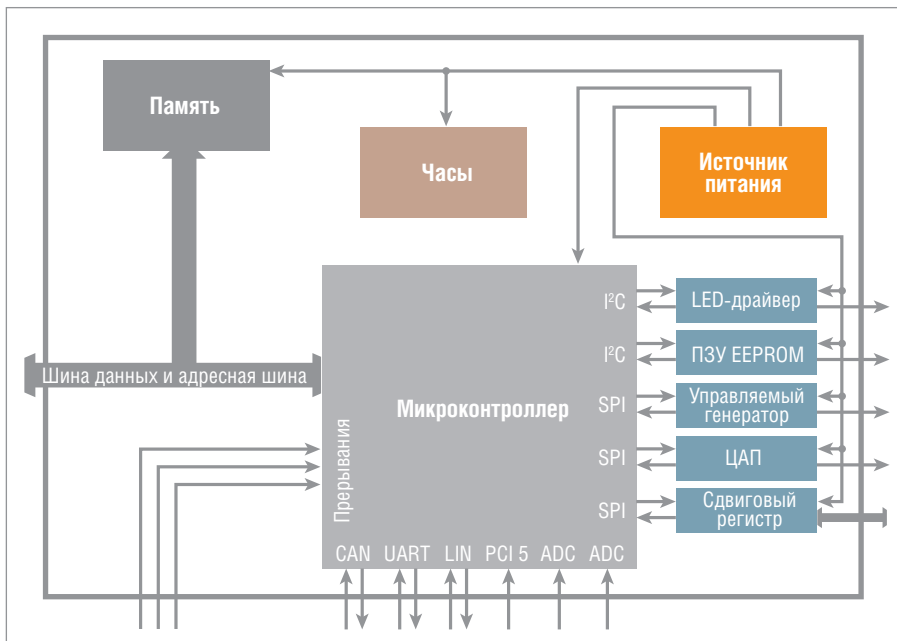


Рис. 7. Типовой микроконтроллер в современном автомобиле

ний. Она работает по одному проводу со скоростью до 20 кбит/с, передавая два, четыре или восемь байт данных в пакете.

Интерфейс PS15 применяется для подключения нескольких датчиков к электронным блокам управления и используется, например, в качестве основной шины связи датчиков подушек безопасности и систем преднатяжителей ремней безопасности. Это двухпроводная шина, работающая на скорости до 189 кбит/с и передающая данные в манчестерском коде.

Применение модульных дигитайзеров

Наиболее часто используемые модульные инструменты – это дигитайзеры. Дигитайзер – электронное устройство сбора данных, которое получает аналоговые сигналы, дискретизирует и оцифровывает их через аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и отправляет оцифрованные выборки в буфер, что позволяет сохранять их перед обработкой на компьютере. Поставщики модульных приборов, к числу которых относится и компания Spectrum, предлагают дигитайзеры с разрешением АЦП от 8 до 16 бит с аналоговой полосой пропускания до 1,5 ГГц и частотой дискретизации до 5 Гэмпл/с с числом каналов от 1 до 16 на одной плате. Предусматривается синхронизация нескольких плат, позволяющая использовать до 16 плат на систему (или до 256 полностью синхронизированных каналов). Эти инструментальные системы очень гибко реконфигурируются для сбора, хранения и измерения сигналов в автомобильных встроенных системах. Дигитайзеры могут быть выбраны в соответствии с требованиями к скорости передачи данных и пропускной способ-

ности каждого из этих интерфейсов, а также с наиболее распространёнными контроллерами и связанными с ними операциями.

Рассмотрим задачу мониторинга интерфейса шины CANbus. Цифровой преобразователь, используемый для этого измерения, имеет дистанционно настраиваемые входы, конфигурируемые как однополярные, либо дифференциальные. В данном случае были использованы дифференциальные входы. Результаты показаны на рис. 8. Данные отображаются с помощью программного обеспечения Spectrum SBench 6, которое позволяет анализировать физический уровень интерфейса, проверить на соответствие стандартам CANbus амплитуды и синхронизации сигнала. Пакеты характеризуют базовые измерения амплитуды сигнала, включая его размах, максимум и минимум. Дополнительные временные метки позволяют оценить время нарастания и спада, а также целостность сигнала шины. Если этих возможностей SBench 6 не хватает, то можно скомбинировать дигитайзер с программами сторонних производителей, такими как LabVIEW и MATLAB, где можно декодировать данные формы сигнала и исследовать сигналы на уровне протоколов. Опытные программисты могут использовать драйверы Windows и Linux для создания пользовательских программ на C, C++, Python или аналогичных языках для разработки пользовательских алгоритмов декодирования.

Симуляция источников сигнала произвольной формы

Во многих инженерных проектах тестирование может быть не проведено лишь потому, что не хватает критически важного компонента или проводить физический тест слишком дорого. В по-

добных случаях спасением может стать генератор сигналов произвольной формы (Arbitrary Waveform Generator – AWG), используемый для создания практически любого сигнала и имитации отсутствующего компонента. Генераторы сигналов произвольной формы являются источниками цифровых сигналов, которые работают как дигитайзер-наоборот. Если дигитайзер производит выборку аналогового сигнала, оцифровывает его и затем сохраняет в своей памяти срезы данных, AWG, напротив, заранее имеет числовое описание сигнала, хранящееся в памяти. Эти готовые выборки формы сигнала отправляются в цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), а затем с соответствующей фильтрацией и преобразованием сигнала выводятся в виде сигнала аналоговой формы.

Если у вас есть доступ к форме ответного сигнала отсутствующей детали, профиль сигнала для моделирования можно получить при помощи дигитайзера или его можно создать аналитически. Так или иначе, вы создадите свою модель. Но одной из распространённых проблем является невозможность вывода серии сигналов, каждый из которых представляет отдельное состояние тестируемой системы. Хотя это может быть сделано благодаря использованию нескольких переключаемых генераторов, существует и более эффективный метод.

AWG с реализацией полнофункционального последовательного режима (например, Spectrum серии M4i.66xx-h8) предлагает возможность переключения между сигналами в режиме реального времени даже без затрат времени на перезагрузку различных сигнальных профилей. Память формы сигнала AWG сегментирована, и каждая форма волны, необходимая для тестов, может быть сохранена в своём собственном сегменте. AWG выполняет пошаговую обработку сигналов под управлением компьютера на основе инструкций, хранящихся в отдельной памяти последовательности. Содержимое памяти последовательности может быть обновлено или изменено без влияния на состояние вывода AWG. Эта особенность позволяет адаптивно изменять последовательность сигналов на выходе в зависимости от результатов теста, что значительно сокращает время и максимально приближает испытания к реальности.

В качестве примера можно использовать AWG для имитации датчика с ин-

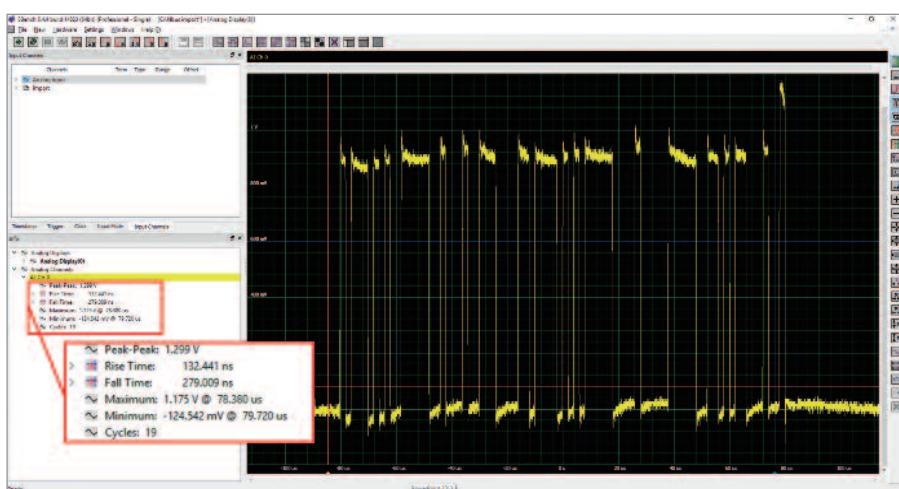


Рис. 8. Пакеты данных CANbus от датчика угла поворота рулевого колеса

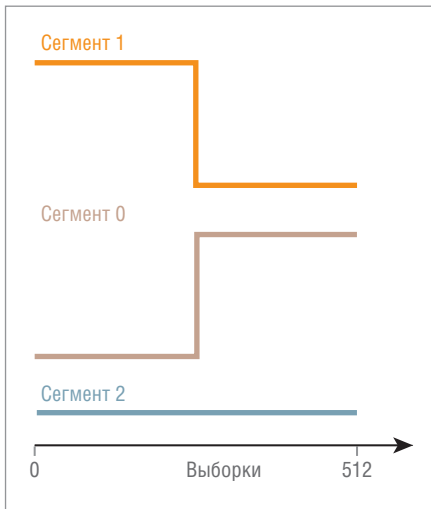


Рис. 9. Три сегмента для моделирования пакетов в формате манчестерского кода

терфейсом PS15, генерирующего программируемую последовательность выходных кодов. PS15 использует манчестерское кодирование. Манчестерский код всегда имеет переход в середине каждого периода передачи бита. Он может (в зависимости от передаваемой информации) также иметь переход и в начале периода. Направление перехода определяет передаваемые данные. Переходы на границах периода не несут информацию. Они существуют только для того, чтобы вернуть сигнал в правильное состояние, разрешающее дальнейшую инверсию сигнала передачи бита. Гарантированные переходы позволяют сигналу самосинхронизироваться. Для генерации пакета PS15 требуется три сегмента формы сигнала, как показано на рис. 9. Логическая «1» (сегмент 1) обозначена переходом от высокого к низкому уровню. Логический «0» (сегмент 0) обозначен переходом от низкого к высокому уровню. Наконец, базовый уровень (сегмент 2) – 0 В постоянного тока. Определив три сегмента формы волны с использованием этих компонентов, можно синтезировать любую комбинацию шаблонов данных. Это означает, что содержимое пакета может быть изменено путём расположения этих трёх сегментов в нужном порядке. На рис. 10 показаны четыре примера пакетов PS15, каждый из которых состоит из трёх сегментов, но содержит различные данные. В этом примере для сегментов задана длина 512 выборок с тактовой частотой 50 Мсэмпл/с, поэтому длительность каждого компонента (ТБИТ) будет составлять 10,24 мкс. Пакеты разделяются базовым сигналом продолжительностью более двух битовых тактов. Работа AWG осуществляется

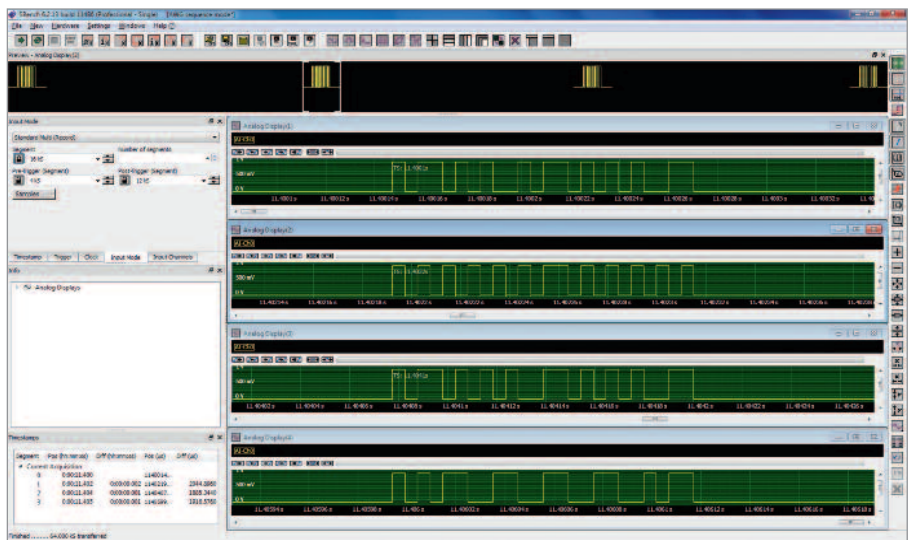


Рис. 10. Четыре различных симулированных AWG-профиля данных

под управлением сценария MATLAB, в котором для целей этого теста из обозначенных трёх сегментов были собраны четыре различных шаблона данных. Переключение между пакетами происходит плавно, без разрывов.

Настройка силовых шин питания

Ещё одна проблемная область – создание правильной последовательности коммутации силовых шин при их включении или выключении. Встраиваемые вычислительные системы для подачи питания на микропроцессор, память и другие встроенные устройства обычно требуют нескольких значений напряжения питания. Большинство микроконтроллеров имеют предписанный порядок, в котором необходимо подавать напряжение для предотвращения таких проблем, как зависание. Микросхемы управления питанием (PMIC – Power Management IC) или силовые секвенсоры решают многие задачи реализации такой последовательно-

сти. Поскольку большинство процессоров используют несколько значений напряжения, дигитайзер с восемью входами является подходящим инструментом для этого типа измерений. Кроме того, поскольку последовательности включения/выключения питания занимают порядка миллисекунд, для сбора данных необходимы большие объёмы памяти. На рис. 11 показан простой пример измерения последовательности подачи питания. Контролируются три силовые шины (5, 3,3 и 1,8 В). Ожидается, что уровни напряжения должны нарастать монотонно и в желаемом порядке. В этом примере источник питания 5 В включается раньше остальных, за ним следуют линии 3,3 В и 1,8 В. Задержка может быть измерена с помощью курсоров, как показано на рисунке, где время задержки между 5 и 3,3 В шиной измерено как 35,5 мкс. Измерения этого типа могут быть распространены на измерение уровня пульсаций, регулирования и реагирования на переходные процессы.

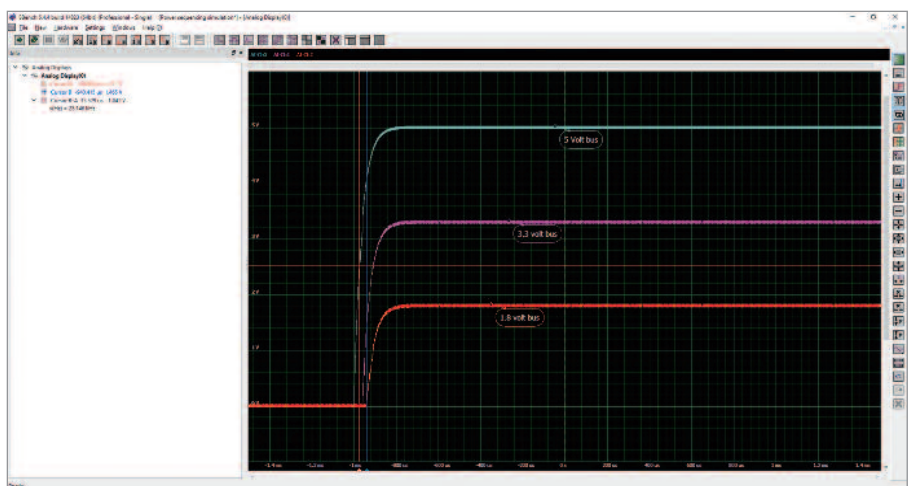


Рис. 11. Мониторинг корректности коммутации шин питания 5, 3,3 и 1,8 В

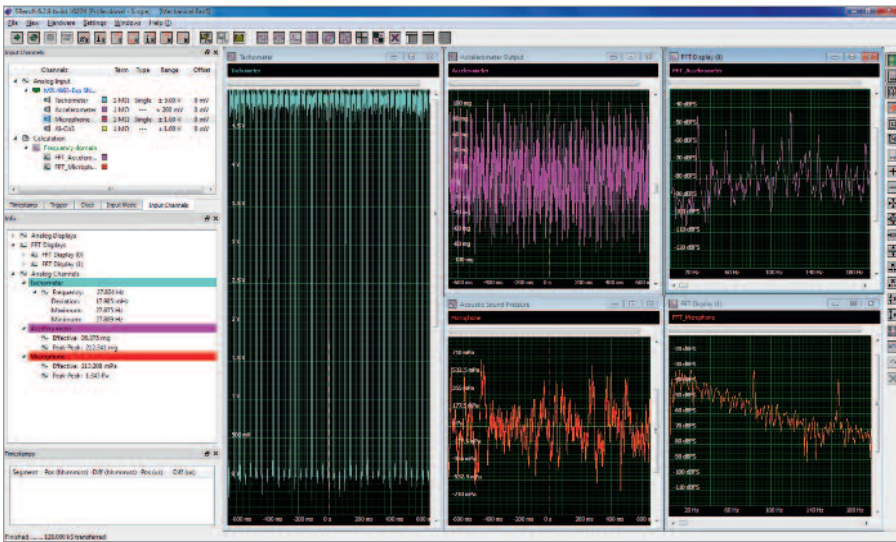


Рис. 12. Измерения физических величин

МЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Если подобрать подходящие преобразователи, модульные приборы могут выполнять и механические измерения. На рис. 12 показана серия механических измерений, выполненных на вентиляторе.

Изображение в самом левом окне экрана S-Bench 6 показывает выходной сигнал тахометра. Эта форма волны состоит из одного импульса на оборот вентилятора. Скорость вращения вентилятора определяется путём измерения частоты этого сигнала. Показание частоты в информационной панели слева в центре рисунка определяет это значение как 27,8 Гц (об/с). Умножение показания частоты на 60 даёт скорость вращения вентилятора 1668 об/мин. Ниже показаний частоты отображаются статистические показания, индицирующие минимум, максимум и отклонение частоты. Выход датчика акселерометра отображается в верхнем центральном окне с пометкой «Выход акселерометра».

Пользовательский масштаб аналогового канала по вертикали был настроен для чтения непосредственно в единицах ускорения свободного падения (g). В информационной панели появляются измерения сигналов от пика до пика и эффективных (среднеквадратичных) амплитуд. Это представление во временной области сигнала несколько сложно интерпретировать, поэтому в верхнем правом окне дисплея вычисляется и отображается быстрое преобразование Фурье (FFT) этого сигнала. FFT показывает частотные составляющие сигнала ускорения. Частотная область, или представление спектра FFT, обеспечивает более удобную фи-

зическую интерпретацию, поскольку разделяет различные частотные компоненты. Самый левый пик приходится на частоту вращения двигателя вентилятора 27,8 Гц. Другие спектральные составляющие соответствуют физическим характеристикам вентилятора. В центральном нижнем окне показан выход микрофона, масштабируемый для регистрации акустического звукового давления.

Эти данные были также конвертированы, чтобы их можно было сразу считывать в единицах давления (Па). Измерения в информационной панели показывают пиковые значения и эффективные амплитуды этого сигнала. Как и в случае с сигналом вибрации, FFT-обработка акустических данных обеспечивает хорошую анализируемость физической величины.

Вывод

Модульные приборы Spectrum хорошо подходят для испытаний и измерений в области автомобилестроения. Они предлагают большое количество каналов с разрешением от 8 до 16 бит, скорости оцифровки до 5 Гсэмпл/с позволяют предпочесть быструю или медленную выборку в соответствии с применением. Генераторы сигналов произвольной формы позволяют реализовать сценарии моделирования и проводить испытания даже с отсутствующими компонентами. Выбор конфигураций на основе PCIe, PXI или LXI соответствует потребностям портативного или лабораторного тестирования. ●

Авторизованный перевод
Юрия Широкова
E-mail: textoed@gmail.com

Visualize, Analyze, Historize

Reporting, Web-based Visualization, Notification

Energy Acquisition

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПОДКЛЮЧЕНИЯ
BACnet, OPC, MODBUS, SNMP, ODBC, Web Services

Automation and Building Systems

Energy, HVAC, PLC, IT Systems, Databases

iconics
Make the Invisible Visible™

Energy AnalytiX™

Управление энергоэффективностью

- Энергетические показатели
- Анализ энергозатрат
- Мониторинг целей и бюджета
- Быстрое внедрение и ROI
- Универсальные интерфейсы OPC, BACnet, SNMP, Web-сервисы

VISUALIZE ANALYZE MOBILIZE CLOUD

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU

Реклама