

УПРАВЛЕНИЕ ВСТРАИВАЕМЫМ ПРИЛОЖЕНИЕМ ПО СЕТЯМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

СЭМ ДЭВИС (SAM DAVIS), главный редактор, Power Electronics Technology

В статье описан метод реализации технологии связи по сетям электропитания на базе системы на кристалле (СНК), который обеспечивает возможность гибкого конфигурирования встраиваемых приложений для систем освещения, промышленного управления, автоматизированных измерений, бытовой автоматики и интеллектуальных устройств управления питанием. Статья представляет собой перевод [1].

Потенциально линии электропитания можно использовать в качестве среды связи для управления внешними устройствами. Однако реализация такого приложения является довольно сложной задачей, т.к. трудно точно определить качество и надежность связи по существующим линиям электропитания из-за влияния помех, отклонения импеданса линий и состояния электросетей. Система для связи по линиям электропитания (powerline communication — PLC), разработанная компанией Cypress Semiconductor, позволила преодолеть эти трудности и обеспечила надежную связь в сложных условиях на расстояние до 3500 м.

Как показано на рисунке 1, типовая СНК компании Cypress состоит из двух подсистем: ядра коммуникации по линиям электропитания (powerline communication — PLC) и ядра программируемой СНК (programmable system-on-a-chip — PSoC). Отдельно от СНК для PLC используется внешняя схема связи с линиями электропитания, которая завершает требуемое аппаратное обеспечение системы. Ядро PLC включает модем для линий электропитания физического уровня и сетевой протокол. Ядро PSoC обеспечивает, кроме коммуникационных, множество других функций, включая измерение мощности, управление системой и управление LCD-дисплеем. Наряду с высокой гибкостью и высокой степенью интеграции эта система обладает высокой надежностью, обеспечивая 100%-й коэффициент успешных попыток пересылки данных по стандартной сети электропитания, а также возможность повторной передачи данных, предусмотренной программно, в случае потери данных в сети с высоким уровнем помех или малой величиной импеданса.

Система обеспечивает достаточно высокую гибкость при коммуникациях по высоковольтным и низковольтным

линиям электропитания для систем освещения и промышленного управления, бытовой автоматики, систем автоматического считывания показаний электросчетчика и интеллектуальных систем управления питанием.

ЯДРО PLC

Ядро PLC в СНК компании Cypress обеспечивает прикладные функции для связи по линиям электропитания, которые определяются программируемыми аналоговыми и цифровыми блоками и микроконтроллером на базе архитектуры PSoC. Такая комбинация позволяет создать единую аппаратную платформу для множества приложений, что снижа-

ет стоимость комплектующих, размер платы и число чипов и в то же время улучшает технологичность изделия при производстве.

Ядро PLC обеспечивает следующие функции:

- модем для линий электропитания физического уровня на базе частотной манипуляции (Frequency Shift Keying — FSK);
- перестраиваемую скорость передачи данных до 2400 бит/с;
- перестраиваемый коэффициент усиления (Tx, Rx) и порог используемой полосы частот;
- оптимизированный сетевой протокол для линий электропитания;

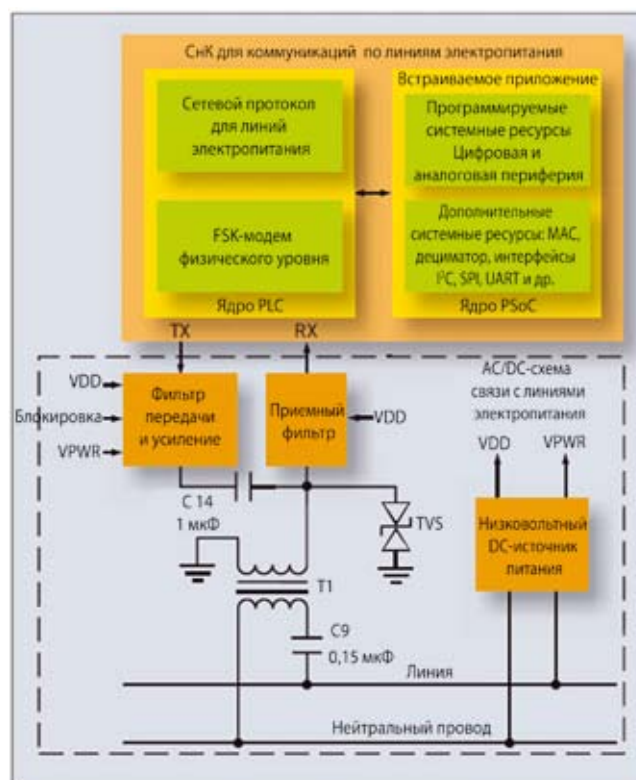


Рис. 1. Типовая система коммуникации по линиям электропитания

- интегрированные каналный, транспортный и сетевой уровни;
- двунаправленную полудуплексную связь;
- 8-разрядное обнаружение ошибок по CRC для минимизации потерь данных;
- прикладной уровень для линий электропитания с возможностью связи по SPI, UART и I²C.

На физическом уровне цифровой передатчик преобразовывает данные сетевого уровня в последовательную форму и передает их на вход модулятора, как показано на рисунке 2. Модулятор делит частоту гетеродина на определенный коэффициент деления в зависимости от логического уровня (лог. «0» или «1») входных данных. Затем он генерирует прямоугольный сигнал частотой 133,3 кГц (лог. «0») или 131,8 кГц (лог. «1»), который поступает на усилитель с программируемым коэффициентом усиления для формирования FSK-сигналов, передаваемых в схему связи с линиями электропитания. Это обеспечивает усиление сигнала с возможностью перестройки. С помощью этого усилителя амплитуда сигнала на выходе чипа может меняться от 55 мВ до 3,5 В. Такая возможность позволяет PLC-модему эффективно обеспечивать связь в канале с повышенным уровнем помех. Частота сигнала лог. «1» может быть также установлена равной 130,4 кГц для того, чтобы получить большее смещение частоты FSK.

Входные FSK-сигналы (Rx) от схемы связи с линиями электропитания передаются на высокочастотный полосовой фильтр, который удаляет внеполосные частотные компоненты и пересылает отфильтрованный сигнал в пределах желаемого спектра от 125 до 140 кГц на дальнейшую демодуляцию. Блок смесителя накладывает отфильтрованные

FSK-сигналы на сигналы гетеродина и формирует частоты гетеродина.

Полосовые фильтры промежуточной частоты дополнительно удаляют внеполосный шум, что требуется для дальнейшей демодуляции. Этот сигнал поступает на корреляционное устройство, которое формирует компонент постоянного тока (состоящий из лог. «1» и «0») и компонент высокой частоты.

С выхода корреляционного устройства сигнал поступает на фильтр нижних частот (ФНЧ), который пропускает только демодулированные цифровые данные с частотой 2400 бит/с и подавляет все другие высокочастотные компоненты, сгенерированные в процессе коррелирования. Гистерезисный компаратор оцифровывает выходной сигнал ФНЧ, что исключает эффекты задержки корреляционного устройства и ложный запуск логики из-за возможных помех. Цифровой приемник преобразовывает эти данные из последовательной формы в параллельную и передает их на сетевой уровень для дешифрирования.

Из-за специфических требований к приложению в ядре PLC применена двусторонняя связь с ядром PSoC, в котором используется весьма гибкая для встраиваемых устройств управления архитектура SnK.

ЯДРО PSoC

Вместо множества системных компонентов на базе обычного микроконтроллера платформа PSoC состоит из управляющих блоков, содержащихся в одном недорогом однокристалльном программируемом устройстве. Кристаллы PSoC содержат конфигурируемые блоки аналоговой и цифровой логики и программируемые межсоединения. Такая архитектура позволяет пользователю создавать специали-

рованную конфигурацию периферии, которая способна обеспечивать требования индивидуального приложения.

Семейство устройств для связи по линиям электропитания содержит недорогую микросхему с фиксированными функциями с интерфейсом I²C (CY8CPLC10), программируемые микросхемы на базе PSoC (CY8CPLC20) и программируемые микросхемы на базе PSoC с поддержкой светодиодов (CY8CLED16P01). Микросхема CY8CPLC10 доступна в 28-выводном корпусе SSOP, а микросхемы CY8CPLC20 и CY8CLED16P01 поставляются в 28-выводном корпусе SSOP, 48-выводном корпусе QFN и 100-выводном корпусе TQFP.

Так, например, CY8CPLC20 содержит перечисленные ниже компоненты.

Программируемые системные ресурсы:

- АЦП с разрешением до 14 разрядов;
- ЦАП с разрешением до 9 разрядов;
- усилители с программируемым коэффициентом усиления;
- 32-разрядные таймеры, счетчики и ШИМ-модули;
- модули CRC и PRS;
- до 4 полнодуплексных UART;
- несколько устройств master и slave интерфейса SPI;

- предусмотрена возможность соединения со всеми портами ввода/вывода общего назначения.

Конфигурируемая встроенная память:

- 32-Кбайт программируемая флэш-память с 50 тыс. циклов стирания-записи;
- 1-Кбайт SRAM для хранения данных;
- EEPROM-эмуляция на флэш-памяти.

Дополнительные системные ресурсы:

- 400-кГц I²C-устройства slave, master и multi-master;
- сторожевой таймер и таймер автоматического отключения;
- система детектирования пониженного напряжения с возможностью конфигурирования пользователем;
- встроенная схема мониторинга;
- встроенный прецизионный источник опорного напряжения.

СХЕМА СВЯЗИ С ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Схема связи с линиями электропитания (см. рис. 1) представляет собой внешнее устройство, которое связывает низковольтные сигналы ядра PLC с линиями электропитания. В эту схему включен изолированный автономный импульсный источник питания, который работает от той же линии электропитания, которая передает коммуникационные сигналы. Схема соответствует требованиям для передачи сигналов по

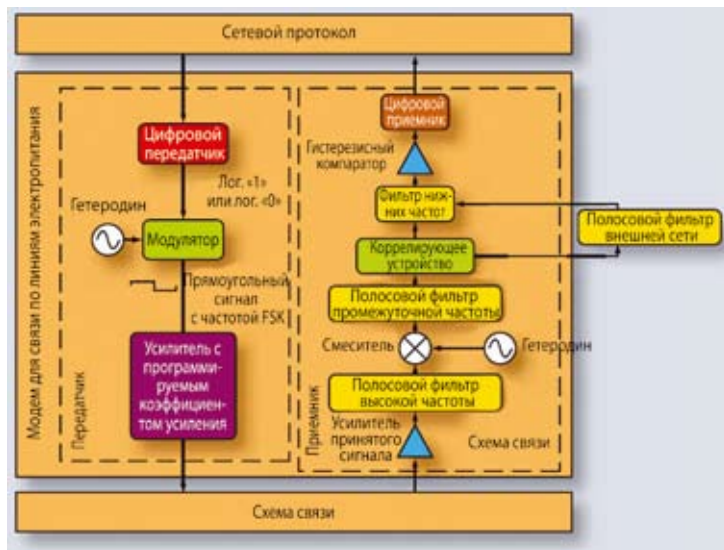
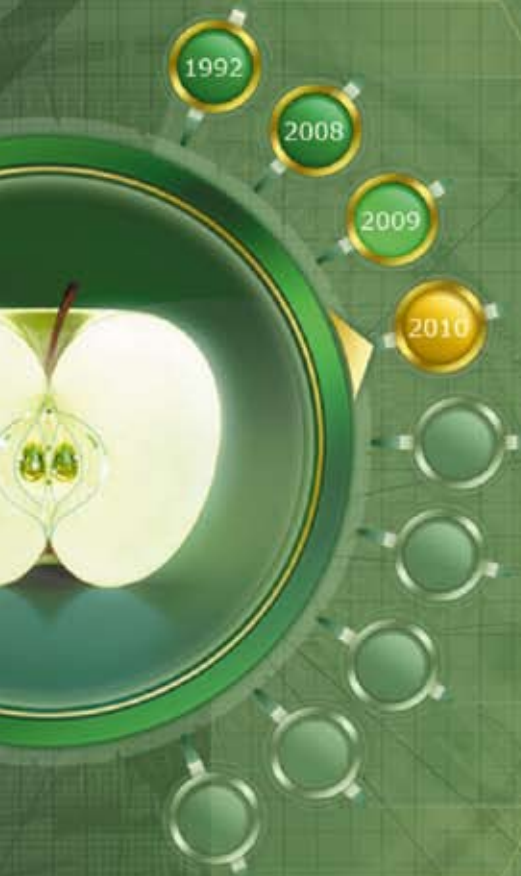


Рис. 2. FSK-модем физического уровня формирует отфильтрованный сигнал в пределах спектра 125... 140 кГц для последующей демодуляции



Международный симпозиум

АСОЛД 2010

Ключевые факторы повышения
эффективности производств
электроники

- Обеспечение качества и надежности
- Передовые технологии
- Оптимизация затрат

Первый день. 27 октября 2010 года.

Москва. Экспоцентр.

Доклады ведущих российских и зарубежных экспертов в области электронного производства.

Второй день. 28 октября 2010 года.

Москва. Учебно-демонстрационный центр ЗАО Предприятие Остек.

День открытых дверей. Участники симпозиума смогут увидеть в работе лучшее на сегодняшний день оборудование, получить информацию по наиболее актуальным вопросам производства.



Москва, 27-28 октября 2010 года.

В рамках Российской недели электроники



Регистрация:

(495) 788-44-44, e-mail: info@ostec-group.ru, www.asold.ru

высоковольтным линиям согласно стандартам EN50065-1:2001 и FCC часть 15. Она способна работать с линиями электропитания напряжением 110/240 В AC и 12/24 В AC/DC.

Схема связи с линиями электропитания принимает нефильтрованный FSK-сигнал малой амплитуды Tx (равной примерно 125 мВр-р, с возможностью перестройки от 55 мВр-р до 3,5 Вр-р), сформированный в ядре PLC, и передает его в фильтр передачи и блок усиления. Фильтр передачи представляет собой полосовой фильтр Чебышева 4-го порядка, настроенный на максимальную величину неравномерности затухания в полосе пропускания величиной 1,5 дБ. Он обеспечивает коэффициент усиления 16,5 дБ на центральной частоте 133 кГц, а также коэффициент подавления, равный -20 дБс на границе частотного диапазона 150 кГц и -50 дБс и -60 дБс, соответственно, на второй и третьей гармонике несущей. Выходной сигнал поступает на изолированный трансформатор T1, который соединен с линией электропитания. Конденсатор 1 мкФ (C14) удаляет постоянное смещение для передатчика на стороне устройства, а конденсатор 0,15 мкФ (C9) вместе с трансформатором T1 формирует фильтр верхних частот, блокирующий 50/60-Гц сигнал несущей высоковольтной линии электропитания и пропускающий 133-кГц сигнал PLC.

Принимаемый сигнал передается в ядро PLC через изолированный трансформатор T1, используемый передатчиком. Трансформатор T1 должен обеспечить малый импеданс на частоте сигнала и низкие утечки. Внутренний конденсатор 0,01 мкФ обеспечивает DC-изоляцию, а входной резистор 2,0 кОм устанавливает входной импеданс приемника. Этот резистор вместе с двумя диодами ограничивает сигнал для защиты схемы от влияния сигналов передатчика большой амплитуды и любых сигналов, наведенных с линии электропитания.

Приемный фильтр содержит индуктивность 1 мГн, конденсатор 150 пФ и резистор 2,0 кОм. Он блокирует внеполосные помехи, такие как AM-сигналы радиовещания, которые могут быть переданы с линии и могут вызывать сбои во внутренних цепях приемника.

Автономный импульсный источник питания является стандартным изолированным обратноточковым преобразователем с полномостовым входным выпрямителем. Входной резистор сопротивлением 1 Ом обеспечивает ограничение бросков тока. Ограничитель напряжения подавляет возможные переходные процессы, а входной предохранитель обеспечивает защиту от превышения допустимого тока. Преобразователь питания предназначен для работы со всеми типами сетей переменного тока напряжением от 90 до 240 В. Пиковое напряжение в сети может достигать 350 В DC, поэтому конденсаторы фильтра должны быть рассчитаны на высокие значения пикового напряжения.

ЭТАЛОННЫЕ ПРОЕКТЫ

Компания Cypress предлагает эталонные проекты для сетей электропитания с различной амплитудой напряжения, в том числе 110/240 В AC и 12/24 В AC/DC. Система PLC способна обеспечить передачу данных и по другим AC/DC-линиям электропитания с соответствующими внешними схемами связи. Проекты на 110 и 240 В AC соответствуют всем нормативным документам для эксплуатации линий электропитания.

Компания Cypress предлагает также ряд оценочных наборов и наборов для проектирования. Оценочный набор для связи по высоковольтным сетям электропитания CY3272 и оценочный набор для связи по низковольтным сетям электропитания CY3273 соответствуют стандартам FCC и CENELEC и включают оценочную плату, руководство для быстрого старта, несколько кабелей, USB-кабель, 12-В AC адаптер питания и

CD с тестовым программным обеспечением, технической документацией, руководством пользователя, указанием по применению, электрическими схемами и гербер-файлами.

Набор для проектирования программируемой системы связи по высоковольтным сетям электропитания CY3274 (см. рис. 3) и набор для проектирования программируемой системы связи по низковольтным сетям электропитания CY3275 позволяют разработать систему на базе микросхемы CY8CPLC20. Набор для проектирования программируемой системы связи по высоковольтным сетям электропитания CY3276 и набор для проектирования программируемой системы связи по низковольтным сетям электропитания CY3277 предназначены для разработки систем освещения с использованием микросхемы CY8CLED16P01.

В состав набора программных инструментов для разработки входят:

- бесплатный программный пакет для проектирования (PSoC Designer™);
- полнофункциональный внутрисхемный эмулятор (ICE) и программатор;
- полноскоростной эмулятор;
- комплексная структура точек контрольного прерывания программ;
- 128 Кбайт память данных трассировки;
- сложные события;
- компиляторы, ассемблер и компоновщик.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Для измерения квазипиковых и усредненных PLC-сигналов в течение 1 мин был использован анализатор спектра. Измерения проводились как с 110-В, так и 220-В сетью электропитания. Во время этих измерений PLC-модем имел следующие установленные режимы:

- коэффициент усиления передачи 125 мВр-р;
- режим синхронизации: от внешнего генератора;
- скорость передачи данных 2400 бит/с с полосой пропускания 1,5 кГц.

Микросхема CY8CPLC10 работала в режиме внутреннего теста для того, чтобы обеспечить непрерывную передачу данных. Для инициации передачи внешнее соединение через интерфейс I²C не использовалось, т.к. неэкранированный соединительный кабель мог генерировать помехи, превышающие допустимый уровень. Обычно в пользовательских приложениях соединение по интерфейсу I²C находится в пределах одной платы, а система установлена в корпусе. График, изображенный на рисунке 4, отражает результаты измерений кондуктивного излучения для микросхемы, установленной на оце-

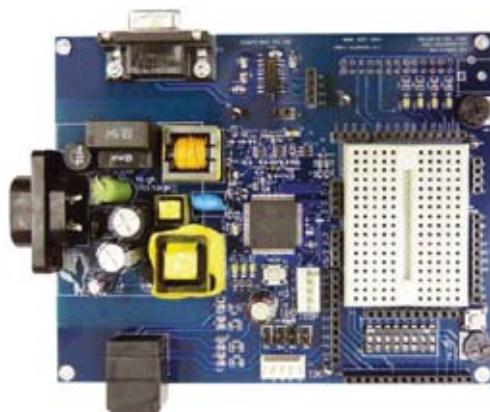


Рис. 3. Набор для проектирования программируемой системы связи по высоковольтным сетям электропитания CY3274

МОСКВА

телефон (495)

649-84-45

Факс (495) 646-80-01

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

телефон (812)

313-28-33

Факс (812) 313-28-44

ИЖЕВСК

телефон (3412)

50-33-30

Факс (3412) 51-84-29

Elitan.ru
ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ**

**ПРИБОРЫ
И ИНСТРУМЕНТ**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ**

1 000 000 товаров от 999 изготовителей

- Минимальный заказ не ограничен
- 12 способов доставки по России и за рубеж
- Удобная система оплаты: Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money
- Ежедневное обновление склада
- Отслеживание состояния заказа через сайт



литан®
info@elitan.ru www.elitan.ru

ночной плате CY3272. Темно-красные и синие линии показывают выходной спектр от 10 кГц до 24 МГц на основе, соответственно, квазипиковых и усредненных измерений на сетевых выходах устройства. Светло-красные и голубые линии отражают разрешенный предел спектра, как установлено в стандарте EN50065-1:2001, соответственно для квазипиковых и усредненных измерений.

В результате измерений получено, что пиковый выходной уровень для микросхемы составил 119,04 дБмкВ на сетевом выходе платы. Предельной величиной для устройств, передающих в частотном диапазоне 95...148,5 кГц, является 122 дБмкВ. Пиковые уровни первой и второй гармоник сигнала составили 57,67 и 39,59 дБмкВ соответственно.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Тесты на плате эталонного проекта показали устойчивость программируемой СМК CY8CPLC10 к воздействию белого шума и узкополосных помех в полосе частот PLC-связи. Шум является критически важным фактором функционирования PLC-плат, поэтому в тестах использовались сигналы с помехами.

Для тестирования использовались следующие виды сигналов с помехами:

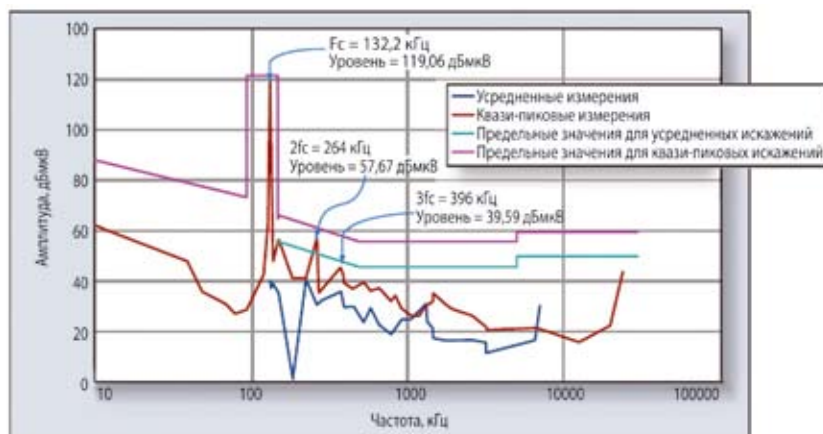


Рис. 4. Результаты измерений кондуктивного излучения на оценочной плате CY3272

- белый шум;
- непрерывный сигнал одного тона;
- импульсный сигнал одного тона;
- АМ-модулированный сигнал.

PLC-решение компании Cypress позволяет разработчикам интегрировать системные функции и возможность связи по линиям электропитания на одном кристалле. Раньше для реализации системных функций разработчики вынуждены были приобретать различные компоненты. Основой решения

компании Cypress является платформа СМК, которая позволяет создавать высокоинтегрированные проекты с минимальным количеством элементов. При таком подходе достигаются высокие характеристики PLC и обеспечивается надежность в различных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sam Davis. SoC Uses Powerline Communications to Control Embedded Applications//www.powerselectronics.com.