

Журнал для тех, кто интересуется электроникой



РАДИОЛОЦМАН

Май 2014 (36)

53

Сделайте
USB-адаптер
с функционалом GPS

29

Точный
беспроводной
датчик температуры
сам себя
обеспечивает
питанием

46

Языку BASIC
исполнилось
50 лет

18

RUGGEDUINO —
УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ
ARDUINO-СОВМЕСТИМАЯ
ПЛАТФОРМА

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование



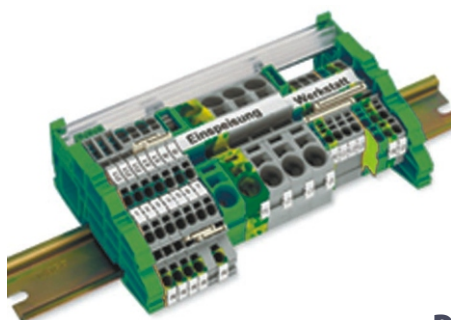
»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



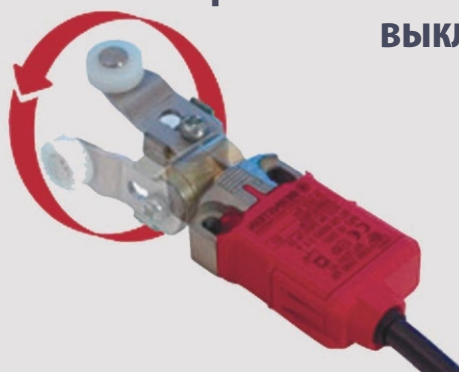
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS

клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат



BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

WWW.DECIMA.RU

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

В. Колесник
И. Краснолобов
С. Муратчаев
А. Николаев
Н. Радунцева
М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

По вопросам размещения
рекламы, публикации
авторских материалов, с
замечаниями и
пожеланиями обращаться:

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

Официальные версии
журнала
распространяются
бесплатно и без
регистрации только на
сайте РадиоЛоцман

При любом использовании материалов, опубликованных в журнале, ссылка на РадиоЛоцман обязательна. Полное или частичное воспроизведение или тиражирование каким бы то ни было способом материалов настоящего издания допускается только с письменного разрешения редакции.

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление
бесплатной подписки:
www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 Сэкономьте до 91% мощности и до 50% пространства с самыми быстрыми в отрасли 20-разрядными АЦП последовательного приближения
- 5 International Rectifier представила интеллектуальные силовые модули нового поколения
- 7 Texas Instruments выпустила ЦАП с одновременно активными выходами по току и по напряжению
- 8 Векторный анализатор цепей компании Anritsu перекрывает рекордную полосу частот
- 9 Новые возможности трассировки высокоскоростных цепей повышают производительность работы в CADSTAR
- 10 Сдвоенные логические элементы компании Diodes продлевают срок службы батарей
- 11 Alpha and Omega Semiconductor дебютирует с новым 1350-вольтовым IGBT
- 12 Самые маломощные в мире микроконтроллеры Texas Instruments теперь выпускает в миниатюрных корпусах
- 13 ON Semiconductor представила устройства защиты от статического электричества для высокоскоростных интерфейсов следующего поколения
- 14 Новые цифровые модули компании Intersil максимально упростят разработку мощных источников питания
- 16 Компания Exar выпустила совместимую с Intel Node Manager программируемую микросхему управления питанием

Статьи

- 18 Ruggeduino – усовершенствованная Arduino-совместимая платформа
- 27 Используйте эти магнитные кубики в своем следующем проекте с сенсорным экраном
- 29 Точный беспроводной датчик температуры сам себя обеспечивает питанием
- 36 Практика использования ИМС усилителей с АРУ серии SSM21xx. Часть 1
- 41 IAR visualSTATE: удобный подход к проектированию с помощью конечных автоматов. Часть 2
- 46 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Языку BASIC исполнилось 50 лет
- 49 Генератор использует человеческое тело в качестве второго электрода зарядного устройства

Схемы

- 51 Автомобильный датчик тока положительной шины питания на дискретных компонентах
- 53 Сделайте USB-адаптер с функционалом GPS
- 57 Миниатюрный драйвер улучшает характеристики обратноходового преобразователя
- 60 Микроконтроллер решает сложные полиномиальные уравнения
- 65 Сделайте собственный программируемый широкополосный полосовой RC фильтр

Сэкономьте до 91% мощности и до 50% пространства с самыми быстрыми в отрасли 20-разрядными АЦП последовательного приближения

Универсальный АЦП последовательного приближения компании Maxim Integrated содержит внутренние буферы опорного сигнала, и теперь разработчики могут получить широкой динамический диапазон без необходимости искать компромисс между точностью, скоростью или мощностью

С выпущенной компанией Maxim Integrated Products микросхемой MAX11905 инженерам стали доступны АЦП последовательного приближения с высочайшим в отрасли разрешением и наибольшей частотой дискретизации при наименьшей потребляемой мощности. Скорость преобразования этого 20-разрядного АЦП равна 1.6 млн. выборок в секунду.



Обычно, когда инженерам требуется высокая точность преобразования данных, они обращаются к сигма-дельта АЦП. Однако чтобы обеспечить высокую точность и широкий динамический диапазон, эти АЦП должны потреблять мощность не менее 100 мВт. В противовес им, АЦП последовательного приближения MAX11905 потребляет всего 9 мВт – экономия мощности составляет 91%. Одновременно разработчики получают очень высокую точность (20 разрядов) и наивысшую среди доступных в настоящее время приборов скорость преобразования (1.6 млн. выборок в секунду). Интегрированные буферы опорного напряжения снижают время разработки и стоимость изделия, а также позволяют вдвое, по сравнению с дискретными решениями, сократить требуемую площадь печатной платы. Благодаря такой универсальности MAX11905 идеально подойдет для широкого спектра применений, включая системы управления производственными процессами, автоматическое контрольно-измерительное оборудование,

медицинские приборы и устройства с батарейным питанием.

Ключевые преимущества

- **Высокое быстродействие:**

Пропускная способность MAX11905 равна 1.6 Мвыб/с без конвейерной задержки и без ограничений по времени установления.

- **Отличные рабочие характеристики:**

Достигающее 98.3 дБ отношение сигнал/шум и общий коэффициент гармоник (THD) – 123 дБ сочетаются с улучшенными статическими и динамическими параметрами, гарантированной монотонностью функции и лучшим в своем классе энергопотреблением.

- **Универсальность:**

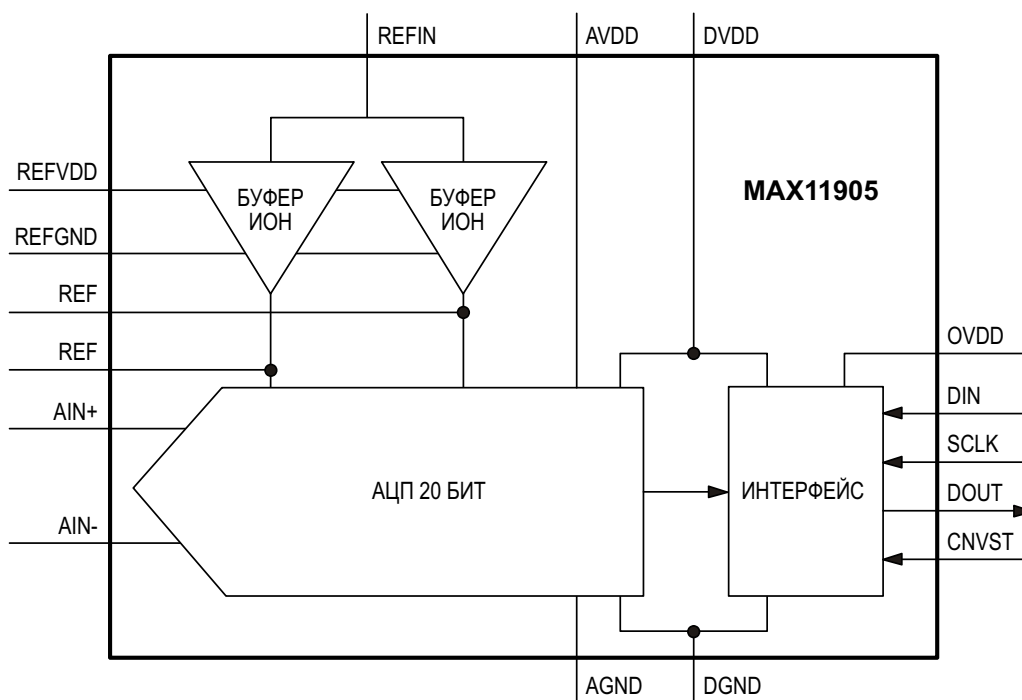
АЦП последовательного приближения имеет высокое 20-битное разрешение без пропуска кодов при скорости 1.6 млн. выборок в секунду и потребляемой мощности всего 9 мВт, предоставляя гибкость и бескомпромиссность при разработке.

- **Упрощение конструкции:**

MAX11905 содержит внутренние буферы опорного напряжения, снижающие время разработки и конечную стоимость.

Комментарий

«Раньше для быстрого сбора данных при низких уровнях шумов и искажений инженеры использовали 24-разрядные сигма-дельта АЦП, – сказал Кармело Морелло (Carmelo Morello), старший бизнес-менеджер компании Maxim Integrated. – Теперь же, с АЦП последовательного приближения MAX11905 вы можете получить сверхнизкие уровни шума и THD с малыми смещениями нуля и отклонениями коэффициента усиления при сокращении потребляемой мощности до 1/10 и отсутствии ограничений на время установления».



Блок схема АЦП MAX11905

Доступность и цена

- Выпускается в 20-выводном корпусе TQFN размером 4 × 4 мм.

- Предназначены для работы в диапазоне температур от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.
- Начальная цена за один прибор – \$33.95 в партиях из 1000 шт.

International Rectifier представила интеллектуальные силовые модули нового поколения

International Rectifier (IR) представила новое поколение энергоэффективных интеллектуальных силовых модулей (IPM – Intelligent Power Modules). Семейство IRAM новых модулей второго поколения (Gen2), представляющих собой систему-в-корпусе, расширяет сферу применения и упрощает конструирование драйверов электродвигате-

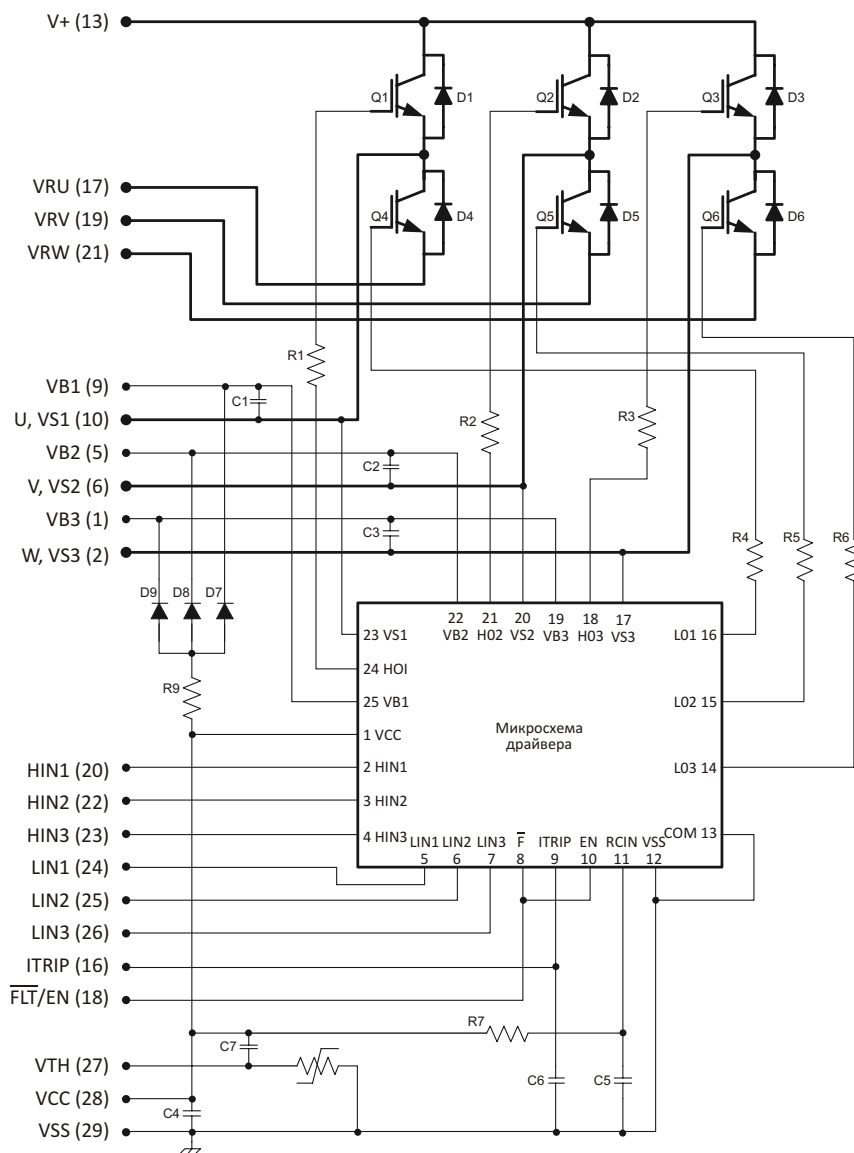
лей для разнообразной потребительской техники, включая кондиционеры, вентиляторы, компрессоры и стиральные машины.

Основу модулей IRAM SiP1A Gen2 составляют усовершенствованные биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) и микросхемы трехфазных драйверов затворов следующего поколения. Но главной особенностью приборов является современная термомеханическая конструкция, позволившая улучшить тепловые характеристики и эффективность, благодаря чему существенно увеличилась плотность мощности и повысилась системная надежность. Новые устройства совместимы по выводам с существующими модулями серии IRAM SiP1A.

Модули Gen2 IRAM стали добавлением к платформе разработки iMOTION компании IR, объединяющей цифровые, аналоговые и



ми и сокращающем время выхода на рынок еще более эффективных и менее дорогих решений.



Texas Instruments выпустила ЦАП с одновременно активными выходами по току и по напряжению

Новое семейство ЦАП компании Texas Instruments предназначено для устройств промышленной автоматизации, систем технологического контроля и оборудования автоматизации зданий

Texas Instruments (TI) представила новое семейство цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), которые позволят разработчикам повысить точностные и эксплуатационные характеристики модулей ввода/вывода программируемых логических контроллеров (ПЛК) и систем автоматизации зданий, сократив при этом как их стоимость, так и размеры. DAC8760 является первым в отрасли семейством ЦАП, имеющих одновременно активные выходы по току и по напряжению, что предоставляет разработчикам систем дополнительную возможность выбора между использованием одного выхода или обоих.



Ключевые преимущества семейства DAC8760

- **Высочайшая точность:**

Максимальная полная нескорректированная ошибка (TUE), составляющая 0.1%, исключает необходимость калибровки.

- **Высокая степень интеграции, сокращающая площадь печатной платы и количество необходимых компонентов:**

В каждом устройстве семейства имеется выход по напряжению, выход токовой петли 4-20 мА, прецизионный источник опорного напряжения и LDO стабилизатор напряжения, а также такие средства обеспечения надежности и диагностики ошибок, как сторожевой таймер и циклический избыточный контроль.

- **Гибкость проектирования:**

Диапазон выходных сигналов тока и напряжения может программироваться через последовательный интерфейс SPI.

- **Широкий температурный диапазон:**

Диапазон рабочих температур, равный $-40 \dots +125^\circ\text{C}$, на 32% шире, чем у аналоговых ЦАП других производителей.

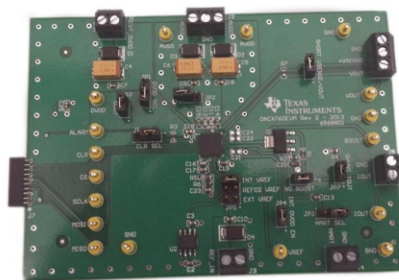
Средства поддержки разработки

Для ускорения вывода изделий на рынок TI предлагает ряд средств поддержки семейства DAC8760, включая базовые проекты, симуляционные модели и аппаратные оценочные модули.

Перечисленные ниже базовые проекты содержат описания теоретических основ, методик конструирования и моделирования, способов расчетов, методологий конструирования и много другого:

- Комбинированный выходной модуль аналогового вывода сигналов тока и напряжения для промышленных приложений (TIPD119);
- Одноканальный изолированный промышленный драйвер выходов по напряжению и по току, удовлетворяющий требованиям по электромагнитной совместимости и уровню излучаемых помех (TIPD153);
- 16-битный модуль аналогового вывода для программируемых логических контроллеров (TIDA-00118).

Разработаны и доступны для приобретения оценочные модули для всех устройств семейства DAC8760. Предлагаются, в час-



Оценочный модуль DAC8760EVM.

тности, модули с расширенными возможностями, содержащие дополнительные компоненты для защиты от электростатических разрядов и электромагнитных помех. Доступны также IBIS-модели для моделирования целостности сигналов и временного анализа на уровне платы.

Пользователям семейства DAC8760 доступна поддержка на форуме Precision Data

Converters (Точные преобразователи данных) сообщества TI E2E, где инженеры могут получить помощь, поделиться своими знаниями и решить проблемы с помощью коллег по форуму и экспертов TI.

Корпуса, доступность и цены

Доступные на сегодня приборы семейства DAC8760 имеют следующие характеристики:

Устройство	Описание	Корпус	Цена (в партии 1000 шт.)	Оценочный модуль	Оценочный модуль с расширенными возможностями
DAC8760	16-разрядов, выход по напряжению и выход токовой петли 4-20 мА	TSSOP 4.4 7.8 мм QFN 6 6 мм	\$3.99	DAC8760EVM	DAC8760EMC-EVM
DAC8750	16-разрядов, выход токовой петли 4-20 мА	TSSOP 4.4 7.8 мм QFN 6 6 мм	\$3.49	DAC8750EVM	—
DAC7760	12-разрядов, выход по напряжению и выход токовой петли 4-20 мА	TSSOP 4.4 7.8 мм QFN 6 6 мм	\$2.99	DAC7760EVM	DAC7760EMC-EVM
DAC7750	12-разрядов, выход токовой петли 4-20 мА	TSSOP 4.4 7.8 мм	\$2.49	DAC7750EVM	—

Векторный анализатор цепей компании Anritsu перекрывает рекордную полосу частот

Созданное компанией Anritsu семейство VectorStar векторных анализаторов цепей (VNA – Vector Network Analyzer) высшего класса обеспечивает уровень параметров, исключительный для современных измерительных приборов этой категории. VNAMS4640B перекрывает самую широкую полосу частот, когда-либо реализованную в одном приборе – от 70 кГц до 70 ГГц. Но, возможно, еще большее впечатление, чем гарантированная полоса 70 ГГц, производят две дополнительные декады в нижней части диапазона.



MS4640B

Программный модуль PulseView в сочетании с инновационной технологией дискретизации сигналов промежуточной частоты обес-

печивает лучшее в отрасли разрешение по длительности импульсов 2.5 нс и динамический диапазон 100 дБ при любом коэффициенте заполнения. PulseView отображает в реальном времени результаты импульсных измерений при активной динамической модификации параметров импульсов.

Программное приложение DifferentialView в комбинации с двумя внутренними дополнительными источниками сигналов позволяет в реальном времени отображать результаты анализа параметров дифференциальных устройств, драйверов и компонентов при активном изменении фазовых и амплитудных соотношений двух тестовых сигналов.

В опциональном блоке измерителя коэффициента шума для повышения точности используется термоэлектрическое охлаждение. VectorStar на сегодня является единственной платформой VNA, способной выполнять измерения коэффициента шума в диапазоне от 70 кГц до 125 ГГц и располагающей оптимизированным приемником шумов для измерений в полосе от 30 ГГц до 125 ГГц.

Для широкополосных приложений можно воспользоваться основанной на MS4640B



ME7838

системой серии ME7838, один тестовый порт которой перекрывает диапазоны от 70 кГц до 110 ГГц, 125 ГГц и 145 ГГц. Разработанный Anritsu модуль нелинейной передающей линии mmWave при небольших размерах обеспечивает высокий уровень характеристик вплоть до частоты 145 ГГц.

Векторный анализатор цепей Anritsu MS4640B предлагает новый уровень возможностей, как инженерам-разработчикам, желающим до долей децибела оценить параметры своего устройства, так и инженерам-технологам, стремящимся максимизировать пропускную способность производственного участка без ущерба для точности измерений. Поддерживаемый трехлетней гарантией и оперативно реагирующей командой технических экспертов, MS4640B будет наилуч-

шим прибором для самых взыскательных инженеров.

Особенности

- Охват через единственный коаксиальный тестовый порт широчайшего диапазона частот от 70 кГц до 70 ГГц одним прибором, и от 70 кГц до 145 ГГц в специальной конфигурации. Возможно расширение до 1.1 ТГц.
- Высочайшее разрешение по длительности импульсов – 2.5 нс при динамическом диапазоне 100 дБ.
- 4-портовые несимметричные или компенсационные измерения с использованием средства программного анализа DifferentialView.
- Исключительный динамический диапазон – до 142 дБ.
- Большие мощности входных сигналов – до +14 дБм.
- Уникальные характеристики тестового порта – до 50 дБ при прямом измерении, при согласованном источнике и при согласованной нагрузке.
- Очень удобная система автоматической калибровки, гарантирующая высокую точность измерений.
- Наилучшие характеристики измерений во временной области.

Новые возможности трассировки высокоскоростных цепей повышают производительность работы в CADSTAR

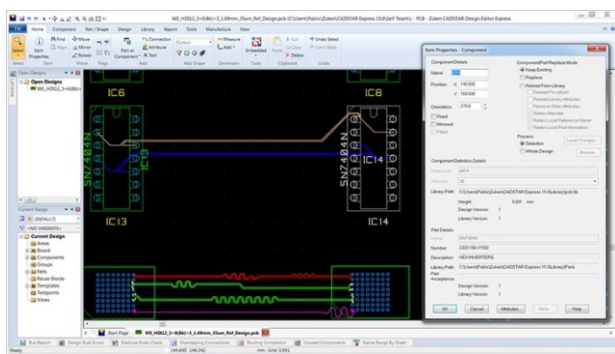
Zuken объявила о выходе CADSTAR 15

В связи с тем, что высокоскоростные интерфейсы в настоящее время стали практически универсальными, жизненную важность приобрел вопрос упрощения их реализации. Входящий в состав пакета CADSTAR инструмент P.R.Editor теперь поддерживает трассировку с соблюдением баланса импедансов дифференциальных проводников, что упрощает внедрение высокоскоростных интерфейсов. Инженеры могут с легкостью трассировать печатные платы, отвечающие требованиям спецификации DDR3 и стандарта JEDEC. Это сокращает итерации в процессе разработки, помогая оптимизировать схемы для более высоких тактовых частот.



CADSTAR – это полнофункциональный инструмент для разработки ПП – от начальной концепции до готового продукта.

«Трассировки с контролем импеданса теперь недостаточно. Трассировка с соблюдением баланса импедансов упрощает работу инженеров по снижению неоднородности по импедансу при ручной трассировке высокоскоростных линий до уровня, оговоренного в стандарте JEDEC JESD21-C для памяти типа DDR3», – говорит Йерун Лейндерс (Jeroen Leinders), менеджер по международным продажам CADSTAR.

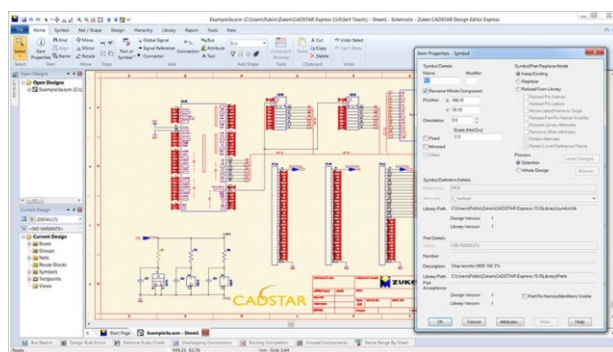


Соответствие требованиям к трассировке высокоскоростных цепей с соблюдением баланса импедансов, удовлетворяющим стандарту JEDEC.

Нынешние высокоскоростные каналы, такие как DDRx, требуют все более сложного анализа глазковых диаграмм для эффективной реализации, учитывающей как информационные, так и тактовые сигналы. Улучшенный инструмент для построения глазковых диаграмм в CADSTAR 15 включает автоматическое измерение ширины/высоты глазного просвета, а также времени установления и удержания сигнала.

Новые возможности инструмента Power Integrity Advance включают регулируемую сетку для карт напряжения синфазных сигналов, улучшения для развязывающих конденсаторов и общий пользовательский интерфейс отображения результатов работы для инструментов анализа целостности сигналов и питания.

Пользователи по достоинству оценят обновление внешнего вида пользовательского интерфейса с хорошо знакомой навигацией в ленточном стиле. Новая панель свойств объекта обеспечивает независимую от состояния окна (закрепленного, плавающего или свернутого) работу в редакторах Design Editor и Library Editor. Это значительно сокращает число шагов для изменения свойств объектов всех типов в проекте и позволяет выделять и модифицировать сразу несколько элементов, сокращая время на создание эскизного проекта и внесение последующих правок.



Создание индивидуальных панелей инструментов и макросов с использованием нового ленточного пользовательского интерфейса.

Сдвоенные логические элементы компании Diodes продлевают срок службы батарей

Компания Diodes анонсировала функционально законченное семейство усовершенствованных сдвоенных КМОП логических элементов с ультранизким энергопотреблением. Созданные для микромощных устройств с низким напряжением питания, миниатюрные элементы семейства 74AUP2G продлевают время работы питающихся от батарей носимых электронных приборов – сотовых телефонов, электронных книг и планшетов.



При токах утечки меньших 0.9 мкА логические элементы расходуют очень незначительную статическую мощность. Потребление в активном режиме также минимизировано благодаря тому, что типовая эквивалентная динамическая емкость снижена до 6 пФ при напряжении питания 3.6 В. Напряжение питания микросхем семейства 74AUP2G, рассчитанных на диапазон от 0.8 В до 3.6 В, можно варьировать до самых низких практических уровней.

Группа микропотребляющих логических элементов семейства 74AUP2G первой очереди состоит из семи парных комбинаций инверторов и буферов. В ней имеются про-

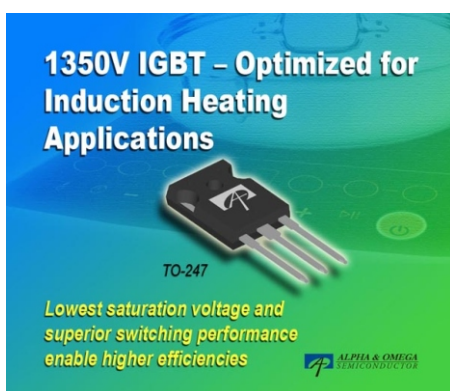
стые инверторы, инверторы с открытым стоком, буферы, буферы с открытым стоком, триггеры Шмитта с инверсией и буферизованные триггеры Шмитта.

Для более полного удовлетворения требований, предъявляемых к размерам продуктов следующего поколения и технологическим процессам их производства, каждый вдвоенный логический элемент выпускается в безвыводных корпусах трех типов: DFN0910, DFN1010 и DFN1410. DFN0910, имеющий размеры всего 0.9 1.0 0.35 мм, является одним из самых миниатюрных шестывыводных корпусов в мире.

Alpha and Omega Semiconductor дебютирует с новым 1350-вольтным IGBT

Наименьшее в отрасли напряжение насыщения и превосходные характеристики переключения позволяют повысить эффективность систем

Компания Alpha and Omega Semiconductor (AOS) сообщила о выпуске IGBT AOK20B135D1 – флагманского устройства в новой серии 1350-вольтных транзисторов AlphaIGBT. AOK20B135D1 был оптимизирован для максимально эффективной работы в импульсных схемах таких бытовых электроприборов, как индукционные плиты, рисоварки и инверторные СВЧ печи.



Созданный на патентуемой новейшей технологической платформе AlphaIGBT, транзистор AOK20B135D1 имеет самое низкое в отрасли напряжение насыщения и малое время выключения, снижающие потери мощности, как в режиме проводимости, так и во время переключений. Гарантированное мини-

мальное напряжение пробоя 1350 В расширяет область безопасной работы, предохраняя транзистор от повреждений, вызываемых бросками напряжения. Кроме того, за счет плавной формы кривой спада тока при выключении уменьшен уровень создаваемых транзистором электромагнитных помех.

«Индукционный нагрев более эффективен и требует и меньшего времени на приготовление, чем традиционные методы, использующие для генерации тепла электрические спирали или сжигание газа. Для достижения высокой общей системной эффективности и долговременной надежности решающее значение имеет правильный выбор IGBT, – сказал доктор Брайан Су (Brian Suh), вице-президент отделения средне- и высоковольтных дискретных изделий компании AOS. – AOK20B135D1 предоставляет разработчикам идеальную комбинацию низкого напряжения насыщения и оптимальных характеристик переключения, давая им возможность снизить потери энергии и улучшить общие параметры устройства».

Технические особенности AOK20B135D1

- 1350-вольтный IGBT с диодом свободного хода в корпусе TO-247
- Типовое напряжение насыщения – 1.57 В (наименьшее в отрасли)

- Типовое прямое напряжение обратного диода (обратное напряжение сток-исток) – 1.46 В
- Максимальный ток коллектора при температуре 100 °С – 20 А
- Энергия выключения – 1.05 мДж
- Максимальная температура перехода – 175 °С

Доступность и цена

Транзисторы АОК20В135D1 подготовлены к массовому производству и могут поставляться заказчикам в течение 12-14 недель после подтверждения заказа. Цена одного транзистора в партии из 10,000 приборов равна \$2.09.

Самые маломощные в мире микроконтроллеры Texas Instruments теперь выпускает в миниатюрных корпусах

TI уменьшила размеры корпусов FRAM-микроконтроллеров MSP430, чтобы оптимизировать пространство печатных плат, сократить габариты устройств и снизить их стоимость

Разработчики смогут значительно сократить площадь своих печатных плат, воспользовавшись ультра маломощными микроконтроллерами MSP430 двух новых семейств, производство которых в миниатюрных корпусах начала компания Texas Instruments (TI). Приборы MSP430FR5738 с памятью FRAM и MSP430F51x2 с памятью Flash, выпускаемые в корпусах с размерами кристалла (WLCSP), имеют габариты всего 2.0 × 2.2 × 0.3 мм и дополняют пять выпущенных ранее семейств микроконтроллеров MSP430.

Эти крошечные устройства прекрасно подойдут для множества микромощных приложений, в частности, для концентраторов сетей датчиков, цифровых кредитных карт, заглатываемых датчиков, изделий для здоровья и фитнеса, а также для потребительской электроники, такой как планшеты и ноутбуки.



Особенности и преимущества новых семейств микроконтроллеров:

- Устройства с интегрированной FRAM, к которым относятся и приборы семейства

MSP430FR5738, увеличивают ресурс работы батарей в ультра маломощных системах регистрации данных.

- Микроконтроллеры MSP430F5229 с входными/выходными сигналами уровней 1.8 В предназначены для использования в приложениях с расширенными возможностями датчиков, в частности, в системах распознавания жестов, отслеживания движения, контроля параметров окружающей среды и контекстной осведомленности.
- Экосистема библиотек и средств поддержки облегчает разработку USB устройств на микроконтроллерах MSP430F5528 для потребительских приложений, включая смартфоны, ноутбуки и планшеты.
- Микроконтроллеры семейства MSP430F51x2, имеющие входы и выходы, совместимые с любыми логическими уровнями от 1.8 В до 5 В, расширяют диапазон компонентов, доступных для использования в схеме.
- Таймер ШИМ предназначен для приложений высокого разрешения.
- Многообразие корпусных вариантов с количеством входов/выходов общего назначения от 32 до 53 обеспечивает гибкость при проектировании систем.

Цены и доступность

Ультра маломощные микроконтроллеры MSP430 в миниатюрных корпусах WLCSP отгружаются со склада немедленно по получении заказа. Цены начинаются от \$1.08 за единицу при объеме партии 1000 микросхем.

ON Semiconductor представила устройства защиты от статического электричества для высокоскоростных интерфейсов следующего поколения

Устройства подавления электростатических разрядов, оптимизированные для защиты интерфейсов Thunderbolt, USB 3.0/3.1, HDMI 2.0, V-by-One HS и eSATA

ON Semiconductor представила пять новых устройств подавления электростатических разрядов, предназначенных для самых современных интерфейсов. Благодаря использованию новейшей технологии проектирования и производства, патентная заявка на которую находится в стадии рассмотрения, эти приборы имеют наименьшие в отрасли емкость и напряжение ограничения, позволяющие применять их в цепях защиты самых высокоскоростных интерфейсов передачи данных и в современных чипсетах.



Максимальная паспортная емкость супрессоров серии ESD8000 равна 0.35 пФ, а напряжение ограничения – до 8 В при токе 16 А, что соответствует уровню 4 стандарта IEC61000-4-2 (разряд при непосредственном контакте с напряжением 8 кВ). Чрезвычайно низкая емкость снижает до минимума влияние приборов на ухудшение целостности сигналов в линиях передачи данных на скоростях, превышающих 10 Гб/с, благодаря чему обеспечивается поддержка таких новейших интерфейсов, как USB 3.0, USB 3.1, HDMI 2.0 и Thunderbolt. Низкое напряжение ограничения повышает степень защиты кристаллов, геометрические размеры которых стали менее 20 нм, что сделало их более чувствительными к выбросам напряжения.

Четырехканальные устройства ESD8004 и ESD8104 выпускаются в стандартных для отрасли корпусах UDFN-10 с габаритами 2.5

1 мм и могут защищать по две пары чувствительных к напряжению высокоскоростных линий данных, что позволяет использовать их в последовательных интерфейсах самых современных стандартов, например, USB 3.0, HDMI 2.0 и eSATA. Конструкция корпуса, рассчитанная на сквозное прохождение сигналов, упрощает компоновку элементов на печатной плате и выравнивание длин проводников, необходимое для поддержания согласованного импеданса между высокоскоростными дифференциальными линиями.

В одном корпусе ESD8008 объединены восемь линий или четыре дифференциальных пары для таких интерфейсов как HDMI, DisplayPort и V-by-One HS.

Супрессор ESD8006 на шесть линий оптимизирован для защиты наиболее скоростных интерфейсов, передающих данные со скоростью 10 Гб/с, таких как Thunderbolt и USB 3.1. Эти приборы с емкостью 0.25 пФ не имеют неподключенных выводов корпуса, что часто бывает в устройствах, где сигнал должен проходить с одной стороны корпуса на другую. Такая топология гарантирует минимальные паразитные воздействия на линии данных и целостность сигналов.

ESD8040 разработан специально для создания полнофункциональных интегрированных устройств защиты от электростатических разрядов интерфейсов HDMI и линий ввода-вывода Display Port. Устройство в инновационном, экономящем место корпусе позволяет оптимизировать прокладку трасс печатной платы между разъемом и интерфейсной микросхемой, обеспечивая 14 линий защиты, требуемые для обслуживания всех линий данных, питания и управления. 14 линий полностью интегрированной защиты в одном корпусе в сочетании с лучшими в отрасли характеристиками делают ESD8040 отличным решением для защиты сложного интерфейса HDMI 2.0. Прибор также обладает обратной совместимостью с HDMI 1.3 и 1.4.

Корпуса и цены

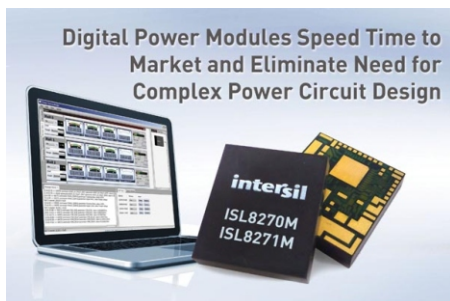
ESD8004 и ESD8104 предлагаются в бессвинцовых корпусах UDFN-10 по цене \$0.16 и \$0.12 за штуку в партии от 3000 микросхем, а ESD8040 поставляется в бессвинцовых кор-

пусках UDFN-18 и стоит \$0.40 за каждое устройство при заказе от 3000 штук. ESD8006 и ESD8008 выпускаются в бессвинцовых корпусах UDFN-8 и UDFN-8, соответственно, и стоят \$0.15 и \$0.19 за штуку при покупке 3000 устройств.

Новые цифровые модули компании Intersil максимально упростят разработку мощных источников питания

Семейство цифровых модулей ISL8270M/71M отвечает требованиям, предъявляемым к мощным источникам питания с токами 25/33 А для приложений сферы облачных вычислений и инфраструктуры проводной и беспроводной связи

Intersil Corporation представила семейство цифровых модулей питания ISL8270M/71M, которые значительно снижают сложность разработки для потребителя и ускоряют выход конечного продукта на рынок. Рассчитанные на устройства с потребляемыми токами 25/33 А, семейство ISL8270M/71M основывается на цифровом регуляторе мощности Intersil четвертого поколения, и подтверждает сохраняющиеся лидерство и компетентность компании в области передовых технологий цифрового питания.



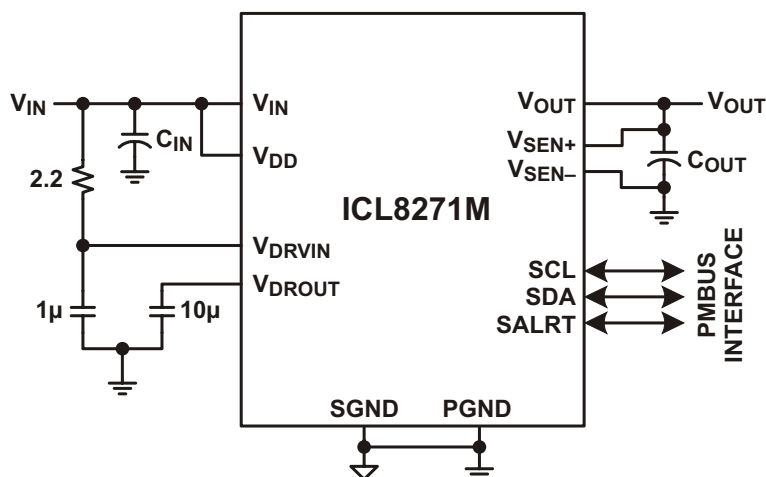
По оценкам экспертов, на каждый доллар, потраченный на оборудование центра обработки данных, еще \$0.66 расходуется на электричество, необходимое для питания и охлаждения этих систем. Усовершенствование управления питанием может значительно сократить эту цифру, позволив повысить плотность мощности и снизить потери за счет улучшения КПД. Кроме того, производители оборудования исторически были вынуждены создавать дискретные решения для управления питанием, нуждавшиеся в дорогостоящих теплоотводах и вентиляторах, которые не только занимали значительную площадь на печатной плате, но и являлись источниками дополнительных системных рисков. В

новых цифровых модулях питания ISL8270M/71M используются запатентованные Intersil технологии, которые позволят потребителям за короткое время разрабатывать низкопрофильные системы управления питанием с высокими эксплуатационными характеристиками и высоким КПД.

Преимущества в эффективности цифровых модулей питания ISL8270M/71M основываются на инновационной запатентованной технологии управления Intersil ChargeMode, позволяющей компенсировать обусловленный скачком нагрузки выброс напряжения за один цикл переключения ШИМ. Эта встроенная, не требующая коррекции, архитектура обеспечивает очень быструю переходную характеристику и позволяет снизить величину выходной емкости. Результирующие динамические параметры минимизируют отклонения выходного тока.

Новые цифровые модули питания, рассчитанные на ток нагрузки 25/33 А, как и лучшие слаботочные продукты Intersil, также имеют преимущества перед аналоговыми эквивалентами за счет оснащения интеллектуальной системой реального времени и возможностью настройки. В частности, они позволяют получать такую важную информацию о состоянии источника питания, как мгновенное потребление энергии, и в любой момент могут быть соответствующим образом оптимизированы.

Благодаря высокой степени интеграции и инновационной технологии корпусирования новые цифровые модули питания, упрощают конструкцию, сокращают занимаемую на печатной плате площадь и снижают общую стоимость решения. Быстрая реакция моду-

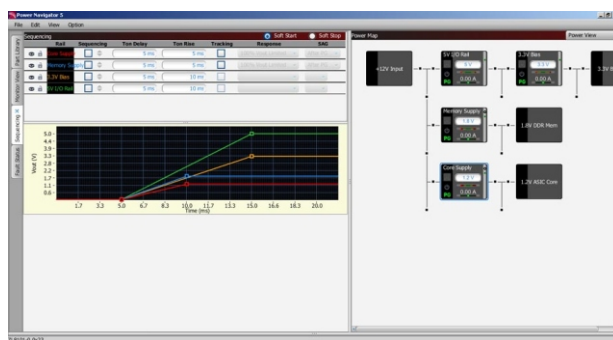


Законченный цифровой импульсный источник питания.

ля на переходные процессы упрощает задачу разработчика, поскольку для создания полностью цифрового импульсного источника питания требуются только входной и выходной сглаживающие конденсаторы, и, соответственно отпадает необходимость в разработке сложной схемотехники. Цифровые модули питания ISL8270M/71M также не требуют дополнительных теплоотводов или внутренних вентиляторов, что делает их отличным решением для компактных устройств, где определяющими являются размеры печатной платы. Рассеиваемая мощность снижена благодаря использованию компактного (17 мм × 19 мм) и низкопрофильного (3.5 мм) литого формованного корпуса с уменьшенным тепловым сопротивлением.

Новые модули поддерживаются последней версией разработанного компанией графического интерфейса пользователя PowerNavigator, позволяющего конструкторам использовать цифровые устройства питания Intersil, не написав ни строчки кода. Простой в использовании «drag-and-drop» интерфейс, доступный для свободного скачивания, обеспечивает необходимую разработчикам гибкость в создании и управлении любыми архитектурами электропитания. С помощью режима «независимости от железа» PowerNavigator помогает пользователям выбрать компоненты до начала конструирования и избежать проектных рисков. Интерфейс PowerNavigator 5.1 обеспечивает доступ ко всем командам и начальным настройкам, включая возможность загрузки предварительно заданных конфигураций эталонных

моделей. В совокупности с решениями компании в области цифровых модулей питания это делает использование новых приборов беспрецедентно простым.



Пример окна графического интерфейса пользователя PowerNavigator.

Ключевые особенности и параметры

- Полностью интегрированный модуль со встроенным контроллером, драйвером, силовыми MOSFET и катушкой индуктивности, а также с дополнительными компонентами.
- За основу взят двухканальный цифровой контроллер DC/DC преобразователя ZL8800 компании Intersil, или двухфазный контроллер Intersil с поддержкой ChargeMode.
- Совместимая с PMBUS система контроля и настройки позволяет программировать выходное напряжение, зону нечувствительности, границы минимального и максимального допустимого напряжения, предельные выходные токи, а также управлять плавным пуском/остановом,

последовательностью включения и внешней синхронизацией.

- Возможность считывания значений входного и выходного напряжений и выходного тока.
- Литой формованный корпус снижает стоимость сборки за счет возможности

использования стандартного оборудования для автоматического монтажа.

Доступность

Цифровые модули питания ISL8270M и ISL8271M доступны для приобретения через глобальную сеть дистрибьюторов Intersil.

Компания Exar выпустила совместимую с Intel Node Manager программируемую микросхему управления питанием

Компания Exar представила четырехканальную синхронную понижающую программируемую микросхему управления питанием XRP7725, совместимую с технологией мониторинга питания Intel Node Manager. Измеряя ток на каждом из четырех выходов один раз в миллисекунду, и накапливая до 512 значений, XRP7725 позволяет значительно повысить точность контроля мощности, даже при ограниченных возможностях интерфейса I2C. При этом чтобы обеспечить отсутствие потерь данных об усредненных потоках энергии в системе, управляющему контроллеру достаточно запрашивать у XRP7725 данные каждые 0.5 секунды. Этой функцией может воспользоваться любое не-серверное приложение, требующее точного динамического контроля потребляемой энергии на любом уровне системы.

XRP7725 присоединилась к семейству микросхем управления питанием PowerXR компании Exar, использующих патентованные технологии управления питанием и средства разработки. Эта новая программируемая система питания полностью управляется через совместимый с SMBus интерфейс I2C, что позволяет производить локальную или удаленную перенастройку системы, а также



мониторинг и обработку ошибок. Без дополнительных внешних компонентов выходное напряжение может быть запрограммировано от 0.6 В до 5.5 В. XRP7725 поставляется с недавно выпущенным средством настройки и программного конфигурирования PowerArchitect 5.1, предоставляющим специальный инструментарий для быстрой оптимизации настроек мониторинга тока.

Доступность и цена

Не содержащая галогенов и отвечающая требованиям директивы RoHS микросхема XRP7725 выпускается серийно в корпусах TQFN размером 7x7 мм, и в партиях из 1000 приборов стоит \$8.29 за единицу.

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

специализированный видеорегистратор для автотранспорта
надежно сохраняет и воспроизводит видео- и аудиоинформацию,
маршрут движения, выполняет охранные функции
во время стоянки и передает информацию по GSM
также в продаже модели
ОКО Архив АВТО и ОКО Архив АВТО GPS

ОКО Мобайл 3G

видеорегистратор с возможностью
передачи видео по беспроводным сетям 3G
также в продаже модели
ОКО Мобайл и ОКО Мобайл II - передача видео по GSM



ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ "ОКО АРХИВ"

построение простой, надежной, автономной системы видеонаблюдения для частного и коммерческого секторов

ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet
сменный жесткий диск

ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet
встроенный жесткий диск

ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



"Децима"

Москва, Зеленоград, проезд 4922, дом 4, строение 1

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

Ruggeduino

— усовершенствованная Arduino-совместимая платформа

ruggedcircuits.com

С момента выхода первой официальной платы Arduino прошло не так уж много времени. За этот период командой разработчиков было представлено множество различных версий плат Arduino и плат расширения функционала. Продукты Arduino успели завоевать популярность не только среди начинающих радиолюбителей и студентов технических ВУЗов, — многие инженеры-конструкторы встраиваемых систем доказали возможность применения платформы в серьезных проектах.

Открытый исходный код, доступность документации и различных программных библиотек, большая база готовых проектов и приложений подтолкнули многих инженеров и разработчиков встраиваемых систем к созданию собственных клонов Arduino-совместимых плат и плат расширения, к примеру, Freeduino, Freetronics Eleven, Seeeduino, CraftDuino, Diavolino, Japanino, Boarduino, iDuino, Roboduino.

Весь спектр Arduino-клонов условно можно разделить на полностью совместимые и программно совместимые. Последние несовместимы с платами расширения Arduino. Различные клоны могут отличаться форм-фактором платы и некоторой периферией, но для большинства вариантов сохраняется полная совместимость по расположению разъемов для подключения плат расширения. Аппаратная часть клонов, как правило, полностью соответствует Arduino.

В статье мы познакомимся с еще одним клоном платы Arduino Uno, отличительной особенностью которой является усовершенствованная аппаратная часть.

Ruggeduino — плата с интегрированными цепями защиты от перегрузки по току/напряжению для всех линий ввода/вывода и шины питания 5 В/3.3 В, а также со схемами

защиты от электростатического разряда для линий ввода/вывода и порта USB. Плата полностью совместима с платформой Arduino, в частности с платой Arduino UNO SMD (Рисунок 1). Плата также снабжена схемой защиты микроконтроллера (МК) от перегрузки по току и может работать от источника питания с выходным напряжением до 24 В.

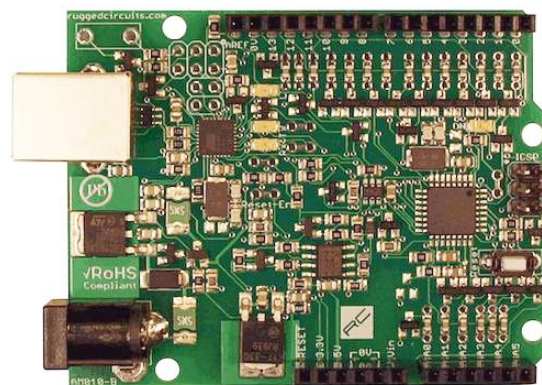


Рисунок 1. Плата Ruggeduino полностью совместима с Arduino UNO SMD.

Название платы происходит от слова «ruggedized» и характеризует повышенную надежность. Команда разработчиков утверждает, что их аппаратное решение идеально подходит для начинающих радиолюбителей, которые могут допускать ошибки при подключении к плате внешней периферии и исполнительных устройств. При разработке интегрированных схем защиты учитывались общие ошибки пользователей при работе с платами Arduino, нередко приводившие к полной неработоспособности последних. Однако, несмотря на усложнившуюся конструкцию и использование дополнительных электронных компонентов защиты, стоимость платы Ruggeduino намного меньше стоимости двух плат Arduino Uno и составляет \$39.95.

Таблица 1. Сравнение основных характеристик плат Ruggeduino и Arduino Uno SMD.

Параметр	Arduino UNO SMD	Ruggeduino
Основной МК	ATmega328P SMD	ATmega328P SMD
Тактовая частота основного МК	16 МГц (резонатор)	16 МГц (прецизионный осциллятор, точность 0.005%)
МК, реализующий интерфейс USB	ATmega8U2	ATmega8U2
Тактовая частота USB МК	16 МГц (кварцевый резонатор)	16 МГц (кварцевый резонатор)
Загрузчик основного МК	Optiboot	Optiboot
Загрузчик USB МК	LUFA DFU / Serial	LUFA DFU / Serial
Диапазон напряжений питания	7 ... 12 В	7 ... 24 В
Выходной ток по линии 3.3 В	50 мА	350 мА
Переключение напряжения питания USB/Vext	Автоматическое	Автоматическое
Защита от перегрузки по току на линиях ввода/вывода	Нет	Самовосстанавливающийся предохранитель (30 мА) на каждой линии
Защита по напряжению на линиях ввода/вывода	Нет	Выдерживаемое напряжение до 24 В
Общая защита МК от перегрузки по току	Нет	150 мА
Защита на выходе 5 В	Нет	Выдерживаемое напряжение до 24 В
Защита на выходе 3.3 В	Нет	Выдерживаемое напряжение до 24 В
Защита интерфейса USB от перегрузки по току	Самовосстанавливающийся предохранитель (500 мА)	Самовосстанавливающийся предохранитель (500 мА)
Защита от переплюсовки напряжения питания	Нет	Выдерживаемое напряжение до 30 В
Общая защита платы от перегрузки по току	Нет	Самовосстанавливающийся предохранитель (500 мА)

Ниже мы рассмотрим немного подробнее ключевые особенности платы, но сначала по Таблице 1 быстро сравним основные параметры Ruggeduino и Arduino Uno SMD.

Далее подробнее остановимся на основных отличительных характеристиках платы Ruggeduino.

Питание платы

Для подачи напряжения питания на плату Ruggeduino предусмотрено несколько разъемов:

Порт USB:

Напряжение +5 В поступает непосредственно от порта USB. Самовосстанавливающийся предохранитель (PTC) 500 мА защищает ПК от перегрузки по току.

Разъем DC power:

Напряжение в диапазоне 7 ... 24 В может подаваться от адаптера со стандартным штырьковым разъемом диаметром 2.1 мм с (плюс в центре);

Разъем Vin:

Дублирующий разъем, который может использоваться для подачи напряжения

питания 7 ... 24 В на плату или на внешние устройства от разъема DC Power.

В случае, когда на отладочную плату одновременно подаются напряжения питания от различных источников, схема автоматического переключения выбирает внешний источник (DC Power или Vin, в зависимости от того, где напряжение выше), если они доступны, в противном случае выбирается порт USB. Такой же подход используется и в плате Arduino UNO.

Питание внешних устройств и плат расширения

Отладочная плата Ruggeduino способна обеспечить питание внешних схем и плат расширения. Для этого на плате предусмотрен специальный разъем с выводами питания. Пользователю доступны следующие три опции:

Выход +5 В:

С контакта платы +5V снимается напряжение, соответствующее напряжению питания МК. Выходной ток ограничивается встроенной схемой температурной защиты регулятора напряжения +5 В при пита-

нии от внешнего источника, или самовосстанавливающимся предохранителем 500 мА при питании от порта USB.

Типовое значение выходного тока 500 мА обеспечивается при входном напряжении (Vext) на разъеме DC Power, равном 9 В или менее. Значение выходного тока шины +5 В снижается при увеличении внешнего входного напряжения, что связано с температурной нагрузкой на регулятор напряжения +5 В.

Указанный выход +5 В снабжен схемой защиты от случайной подачи повышенного напряжения. Например, если вы ошибочно подали на этот выход напряжение 24 В, отладочная плата Ruggeduino не выйдет из строя. Заметим, что плата Arduino UNO в таких же условиях получит необратимые повреждения.

Выход +3.3 В:

Контакт с маркировкой +3.3V может использоваться для питания внешней периферии и плат расширения. Выходной ток при напряжении питания платы 9 В и меньше составляет 350 мА. Напомним, что схема регулятора напряжения 3.3 В на плате Arduino UNO обеспечивает выходной ток 50 мА.

Выход +3.3 также снабжен защитой от случайной подачи повышенного напряжения.

Разъем Vin:

На этот разъем подается напряжение с входа DC Power, а выходной ток ограничивается самовосстанавливающимся предохранителем 500 мА, который также защищает этот выход в условиях короткого замыкания (которые могут вывести из строя Arduino UNO).

Установка и программирование

Для операционных систем (ОС) Linux или Mac OS X установка какого-либо дополнительного ПО не требуется. Плата Ruggeduino определяется в системе как устройство USB CDC (Communication Device Class), и функционирует в системе как стандартный последовательный порт.

Для ОС Windows потребуется установка специального INF-файла (доступен для скачивания в секции загрузок), с помощью которого ОС определяет Ruggeduino как устройство USB CDC. При установке INF-файла необходимо следовать инструкции по уста-

новке Arduino UNO. Только помните, что используется INF-файл для Ruggeduino вместо Arduino UNO. Следует отметить отсутствие конфликтов между двумя INF-файлами: пользователь может одновременно подключить к компьютеру платы Ruggeduino и Arduino UNO.

Программирование платы Ruggeduino ничем не отличается от Arduino UNO:

- В меню *Tools->Board menu* интегрированной среды разработки Arduino IDE необходимо выбрать плату Arduino UNO;
- В основном МК Ruggeduino предустановлен загрузчик Optiboot, поэтому после установки ПО плата готова к загрузке пользовательских программ (скетчей);
- Загрузчик LUFA DFU/serial также предустановлен в МК Ruggeduino, и тоже может использоваться для загрузки скетчей. Он может быть модифицирован или заменен на другой таким же образом, как это делается в Arduino UNO: используя DFU/FLIP или интерфейс внутрисхемного программирования (ICSP);
- МК ATmega328P можно запрограммировать с помощью загрузчика или посредством интерфейса ICSP;
- Ruggeduino использует аналогичный Arduino UNO механизм автоматического сброса. Перемычка J3 используется для отключения этой опции.

Ключевые особенности интегрированных схем защиты

Как отмечалось выше, плата Ruggeduino снабжена дополнительными компонентами и схемами защиты, которые в случае неправильного подключения исключают ее повреждение и повышают надежность. Далее мы подробно рассмотрим отдельные защитные схемы.

Защита линий ввода/вывода

Каждая линия ввода/вывода снабжена защитным стабилитроном (5.1 В) и самовосстанавливающимся предохранителем на 30 мА с сопротивлением 220 Ом. Эквивалентная схема защиты линий ввода/вывода изображена на Рисунке 2.

Изображенная схема гарантирует, что любая линия ввода/вывода выдержит:

- случайную подачу стороннего напряжения до 24 В;

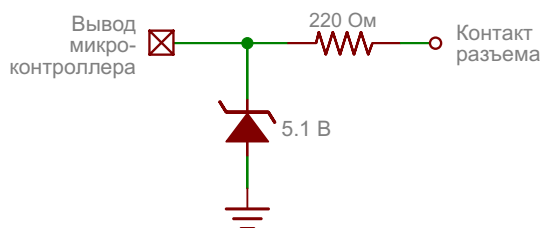


Рисунок 2. Эквивалентная схема цепей защиты линий ввода/вывода платы Ruggeduino.

- короткое замыкание на «землю»;
- короткое замыкание на другую линию ввода/вывода.

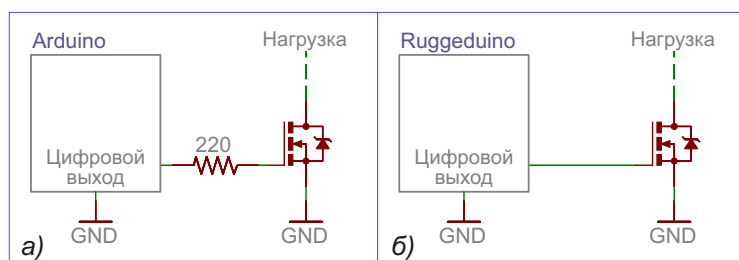


Рисунок 3. Вариант подключения транзистора к плате Arduino (а) и Ruggeduino (б).

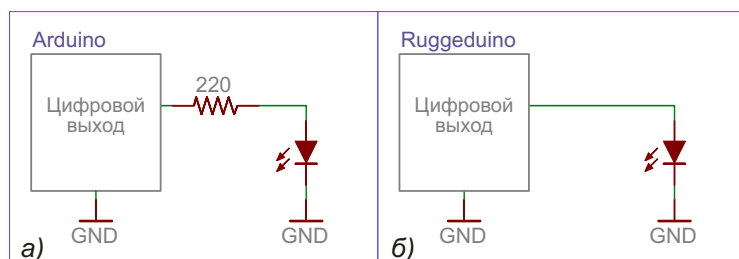


Рисунок 4. Подключать светодиоды к цифровым выходам Ruggeduino можно без резистора (б), в отличие от плат Arduino, где последовательно со светодиодом необходимо включать резистор (а).

Кроме того, самовосстанавливающиеся предохранители (термисторы с положительным температурным коэффициентом) сопротивлением 220 Ом могут быть полезны во многих других случаях, например, при управлении светодиодами или транзисторами. На Рисунке 3 изображены примеры подключения транзистора к плате Arduino с использованием дополнительного резистора 220 Ом, и к плате Ruggeduino, где резистор не требуется.

Аналогично, вы можете без дополнительных резисторов подключать светодиоды непосредственно к цифровым выходам Ruggeduino, не беспокоясь о возможном повреждении портов МК повышенным током (Рисунок 4).

Если в вашем приложении резисторы 220 Ом не нужны, вы с легкостью сможете их отключить. У посадочных мест самовосстанавливающихся предохранителей на линиях ввода/вывода дополнительно имеются сквозные отверстия, в которые можно установить перемычку или другой резистор (Рисунок 5).

Общая схема защиты по току потребления основного микроконтроллера

Ограничение выходного тока каждой линии ввода/вывода не будет эффективным решением без схемы ограничения потребляемого МК тока и рассеиваемой мощности. Эти функции выполняет микросхема IC3 (MIC2009A), ограничивающая общий ток потребления МК на уровне 150 мА (Рисунок 6), независимо от того, сколько портов являются источниками тока.

Микросхема MIC2009A ограничивает ток по шине питания МК +5 В (на схеме обозначается +5V/1). Как только суммарный выходной ток на выводах МК превысит значение 150 мА, микросхема IC3 автоматически уменьшит напряжение питания, чтобы ток потребления установился ниже этого уровня. Вы можете замкнуть любой порт ввода/вывода микроконтроллера на «землю» и программно установить на них высокий логический уровень – можете быть уверены, МК не выйдет из строя. Но не пытайтесь это проделать с платой Arduino!

Чтобы отключить РТС 220 Ом, установите перемычку или резистор

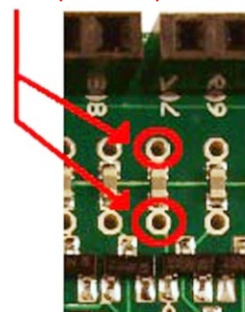


Рисунок 5. На печатной плате Ruggeduino в местах расположения самовосстанавливающихся предохранителей 220 Ом на линиях ввода/вывода предусмотрена возможность установки перемычек или резисторов.

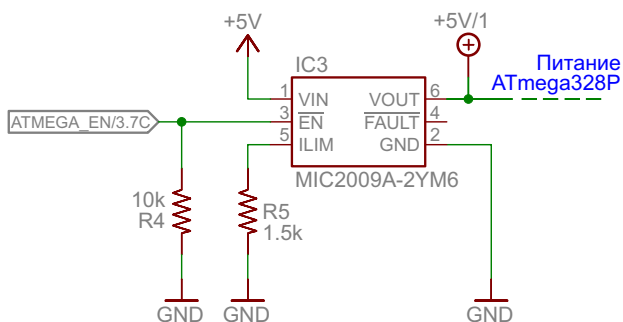


Рисунок 6. Схема ограничения тока потребления микроконтроллера.

Схема защиты по выходу 5 В (выход +5VIO)

Как отмечалось выше, ограничение тока на выходе 5 В реализуется схемой тепловой защиты интегрального регулятора напряжения 5 В. Дополнительно этот выход снабжен защитой от повышенного напряжения. Любое напряжение на нем, превысившее 5.5 В (типовое значение), приведет к отключению оставшейся части схемы Ruggeduino, предотвращающему подачу повышенного напряжения на другие компоненты и узлы.

Схема защиты сохраняет работоспособность при входных напряжениях до 24 В.

На Рисунке 7 изображена схема, реализующая указанные защитные функции. Компаратор постоянно контролирует выходное напряжение +5 В (+5VIO), сравнивая его с опорным напряжением 2.4 В, которое устанавливается стабилитроном. Если напряжение на линии +5VIO становится слишком высоким, компаратор срабатывает и отключает MOSFET, предотвращая, тем самым, подачу завышенного напряжения с линии +5VIO на выводы питания МК.

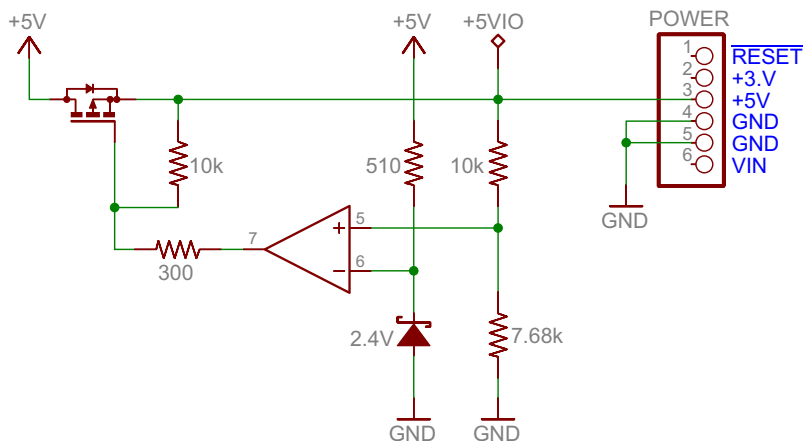


Рисунок 7. Принципиальная схема узла, выполняющего контроль напряжения питания микроконтроллера.

Схема защиты по выходу 3.3 В (выход +3.3V)

Выходной канал 3.3 В также снабжен аналогичными защитными цепями и имеет однотипную схемотехнику, но порог срабатывания защиты от повышенного напряжения установлен на уровне 3.6 В.

Предохранитель и блокирующий диод на входе внешнего питания

После разъема внешнего питания (DC Power Jack) установлен самовосстанавливающийся предохранитель (500 мА). Основная задача этого предохранителя – защита выхода Vin, когда он используется для питания внешних устройств и плат расширения. Функции защиты микроконтроллера и периферии платы от перегрузки по току возложены на интегральный регулятор напряжения 5 В.

Стоит отметить, что на плате Arduino UNO на шине Vin отсутствует диод, защищающий от переплюсовки питания. Если вы ошибочно подадите на разъем Vin напряжение питания с неправильной полярностью, то непременно выведете из строя плату Arduino UNO. На плате Ruggeduino после разъема Vin установлен защитный диод, предотвращающий негативные последствия подобной ситуации (Рисунок 8).

Защита вывода Reset (Сброс)

На входе сброса (Reset) основного МК последовательно установлен резистор сопротивлением 1 кОм (R15 на схеме), ограничивающий входной ток в случае подачи повышенного напряжения.

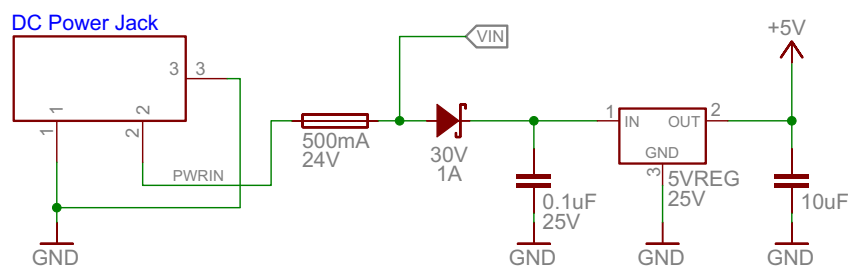


Рисунок 8. Защитные элементы (предохранитель и диод) в цепи разъема внешнего питания платы Ruggeduino.

Защита входа опорного напряжения AREF

На входе опорного напряжения АЦП AREF последовательно установлен резистор номиналом 600 Ом (R14 на схеме).

Защита интерфейса USB

Линии данных интерфейса USB, как и линии питания, имеют выполненную на супрессорах защиту от электростатического разряда.

Защита выводов интерфейса внутрисхемного программирования МК

На выводах интерфейса внутрисхемного программирования МК ATmega8U2 последовательно установлены резисторы 1 кОм и стабилитроны с напряжением стабилизации 5.1 В. Выводы интерфейса внутрисхемного программирования основного МК ATmega328P имеют такую же защиту, как порты ввода/вывода МК (см. выше).

Другие особенности платы Ruggeduino

Прецизионный генератор тактовых сигналов:

Основной МК тактируется от прецизионного осциллятора 16 МГц (точность 0.005%), в отличие от Arduino UNO, где для синхронизации используется кварцевый резонатор.

Изолированный светодиод на выходе D13:

Светодиод, подключенный к выходу D13, изолирован от выхода МК с помощью тран-

зистора Q3, в отличие от Arduino UNO, где этот светодиод подключен непосредственно к выводу МК. При таком решении выходной ток порта МК значительно снижается, позволяя использовать его для других целей.

Возможность отключения встроенных светодиодов:

В некоторых приложениях нет необходимости использовать установленные на плату светодиоды. Каждый из четырех светодиодов Ruggeduino включен через перемычку (J1, J2, J4, J5), которую можно удалить, чтобы отключить соответствующий светодиод.

Кнопка сброса USB МК ATmega8U2:

Для перепрограммирования МК ATmega8U2 на плате предусмотрено место для установки кнопки (на схеме S2), с помощью которой будет легко перевести МК в режим обновления прошивки.

Резистор ограничения тока по линии DTR:

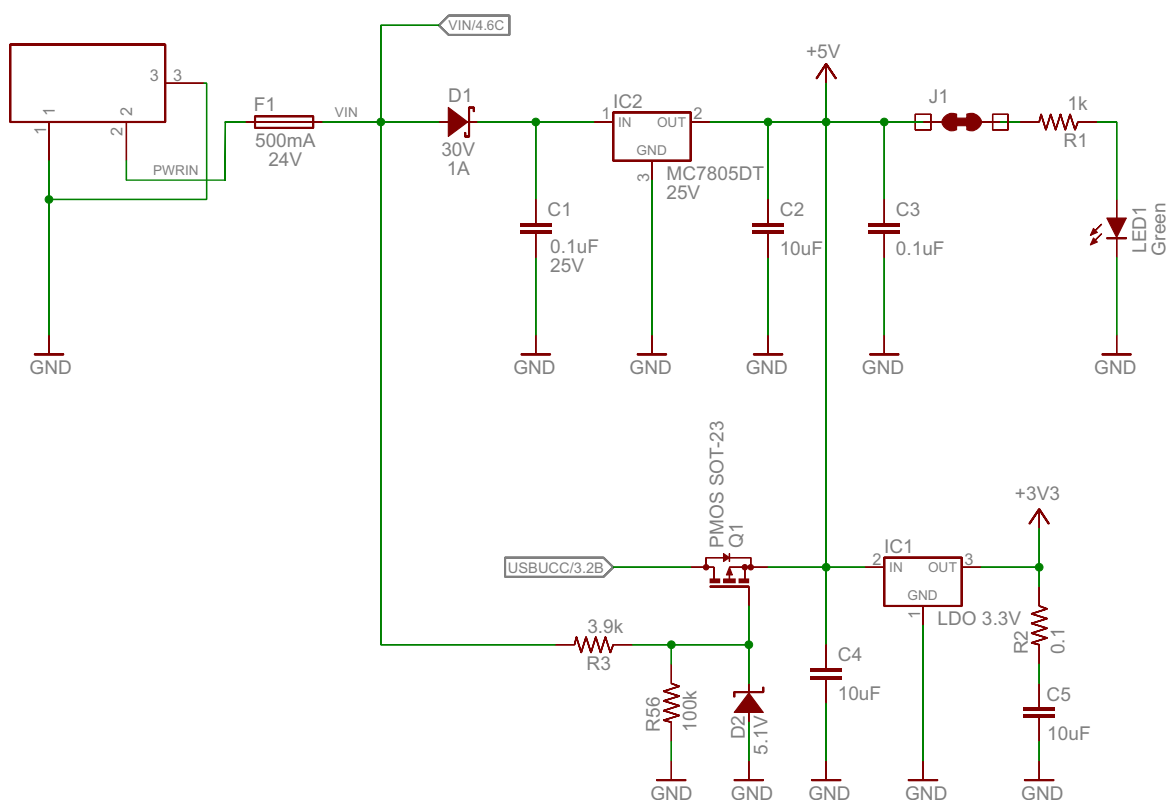
Механизм автоматического сброса Arduino UNO оказывает негативное влияние на USB МК ATmega8U2, поскольку он должен немедленно разрядить конденсатор, подключенный к выводу сброса МК ATmega328P. Это мгновенное значение тока может, с течением времени, ухудшить характеристики драйвера порта, и даже привести к его повреждению. В Ruggeduino резистор 100 Ом (на схеме R41) ограничивает этот ток и защищает МК ATmega8U2. **РЛ**

Загрузки

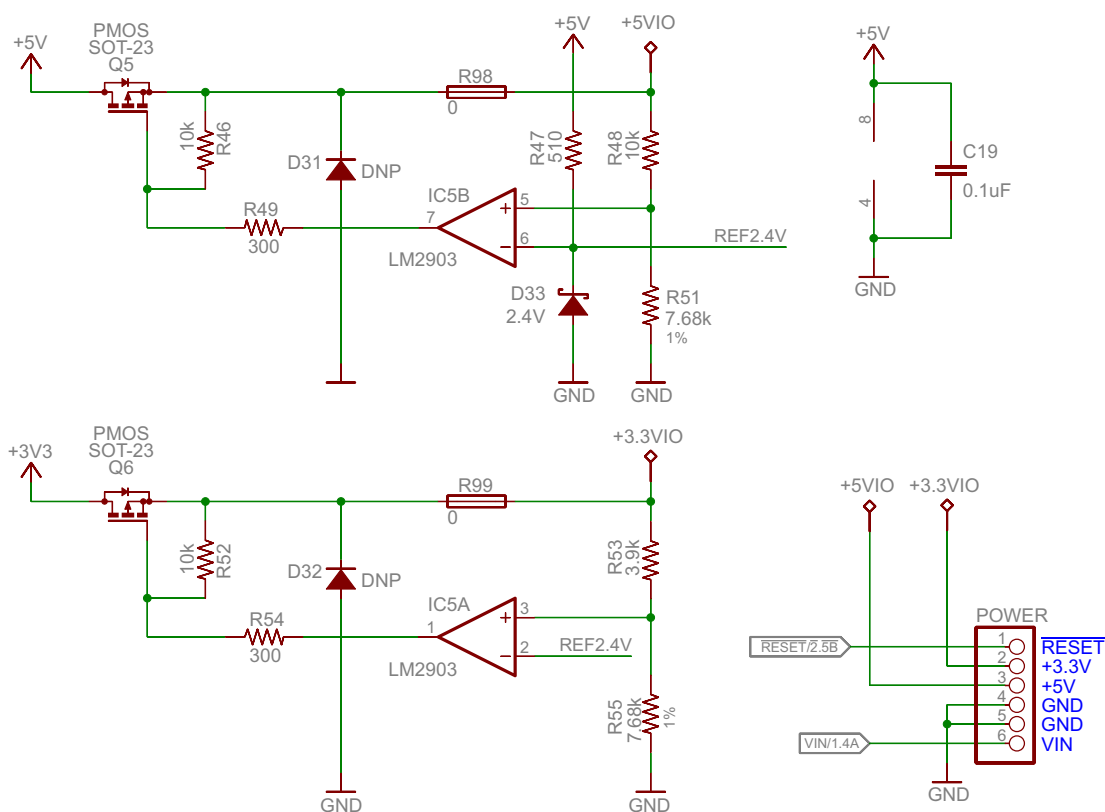
INF-файл драйвера Ruggeduino



Приложение. Принципиальная схема платы Ruggeduino



Вход питания и стабилизаторов



Разъем питания

Используйте эти магнитные кубики в своем следующем проекте с сенсорным экраном

Jeffrey Bausch (psfk.com)

Electronic Products Magazine

Новаторское техническое решение позволит инженерам и разработчикам испытать удовольствие от новых проектов с тактильной обратной связью

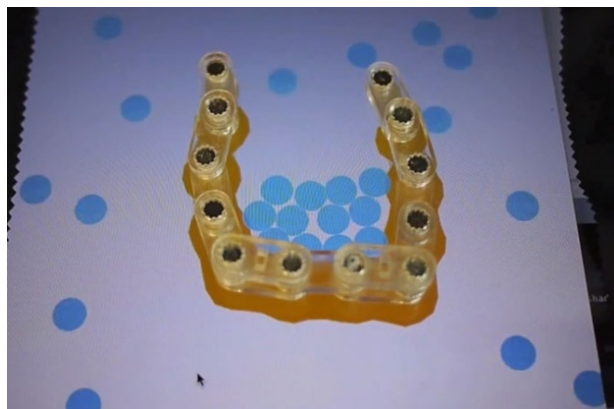
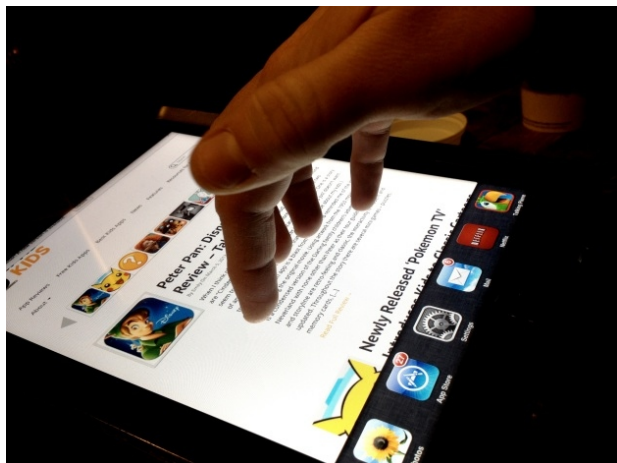
Технологии сенсорных экранов растут в последние годы как на дрожжах. Однако еще совсем недавно идея управления экраном с помощью двух пальцев казалась нереальной. Теперь же, не потратив на размышления ни секунды, мы можем раздвигать и сжимать изображение, перетаскивать его, смещать, выбирать, копировать и вставлять, используя несколько пальцев одновременно.

Но, несмотря на огромный прогресс, технологии по-прежнему упираются в проблему конструктивной реализации и, по общему мнению, еще не раскрыли свой потенциал.

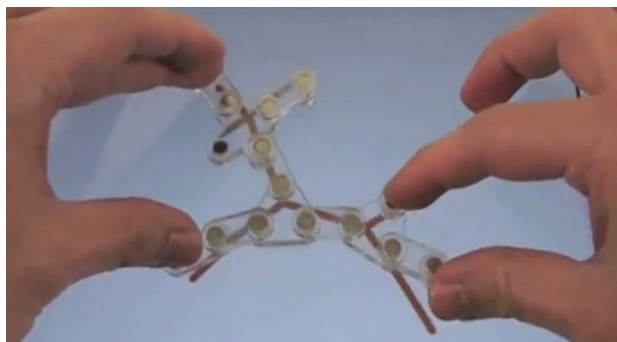
Недавние разработки тайваньских исследователей из Национального университета и Академии Sinica, возможно, укажут нам путь к ее решению. Ученым удалось создать технологию «GaussBricks» (Кубики Гаусса), названную так в честь немецкого физика, имя

которого носит единица измерения магнитного потока. Выражаясь непрофессиональным языком, их решение позволит конструкторам создавать реальные аналоги виртуальных объектов, или, если необходимо, анимировать свои проекты в реальном времени.

GaussBricks работают благодаря сетке датчиков, расположенных с обратной стороны планшетного устройства. Датчики отслеживают магнитное поле, создаваемое каждым из соединенных «кубиков» (фото выше), соприкасающихся с сенсорным устройством или приближающихся к нему. Прикладное ПО реализует алгоритм, воссоздающий и отображающий эти кубики в цифровой форме.

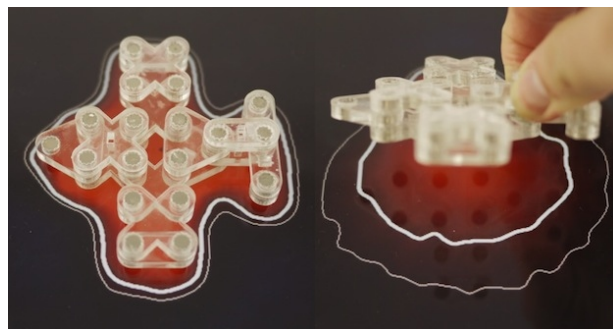


В интервью изданию «New Scientist» создатели GaussBricks объясняют, что со стремительным развитием сенсорных экранов мы совершенно забыли необходимости



тактильной обратной связи. «Мы живем в материальном мире, познавая его физические объекты», – сказал Жун-Хао Лян (Rong-Hao Liang), один из разработчиков GaussBricks, уверенный, что их изобретение может служить множеству образовательных или терапевтических целей.

Лян рассчитывает, что другие люди смогут творчески развить и использовать их идею,



поскольку исходный код и техническая документация будут открыты и общедоступны: «Мы надеемся, что инженеры и разработчики придумают, как вынести GaussBricks за пределы лабораторий и заставить ее оказывать реальное влияние».

GaussBricks демонстрировались в Торонто на выставке CHI 2014. Прилагаемое видео позволит лучше представить себе суть новой технологии. **РЛ**

Ссылки



Демонстрационное видео

Точный беспроводной датчик температуры сам себя обеспечивает питанием

Kris Lokere, Linear Technology

EDN

Введение

По мере развития «Интернета вещей» усиливается тенденция расширения области его использования от границ простого соединения людей и компьютеров к подключению любых «вещей» к Интернету. В таких приложениях, как промышленные предприятия или крупные инфраструктурные проекты подключение большего количества датчиков (или преобразователей) в большем количестве мест может повысить эффективность, улучшить безопасность и способствовать реализации совершенно новых бизнес-моделей.

Вместо того, чтобы заниматься затратной прокладкой кабелей по всему заводу, теперь стало возможным установить беспроводные датчики промышленного уровня надежности, способные проработать многие годы на маленькой батарее, или даже, на энергии, собираемой из всегда доступных источников,

таких, как свет, вибрация или температурные градиенты.

Linear Technology предлагает все компоненты, необходимые для создания высокоэффективных, надежных, малопотребляющих беспроводных сетей датчиков. В этом тематическом исследовании показан реальный проект, сочетающий в себе датчик температуры высокого разрешения, схему управления питанием, использующую либо энергию солнца при ее доступности, либо энергию резервной батареи, и радиомодуль с низкой потребляемой мощностью, автоматически формирующий надежную беспроводную ячеистую сеть, соединяющую все датчики с центральной точкой доступа.

Обзор конструкции

На Рисунке 1 показана блок-схема устройства. Датчик температуры основан на тер-

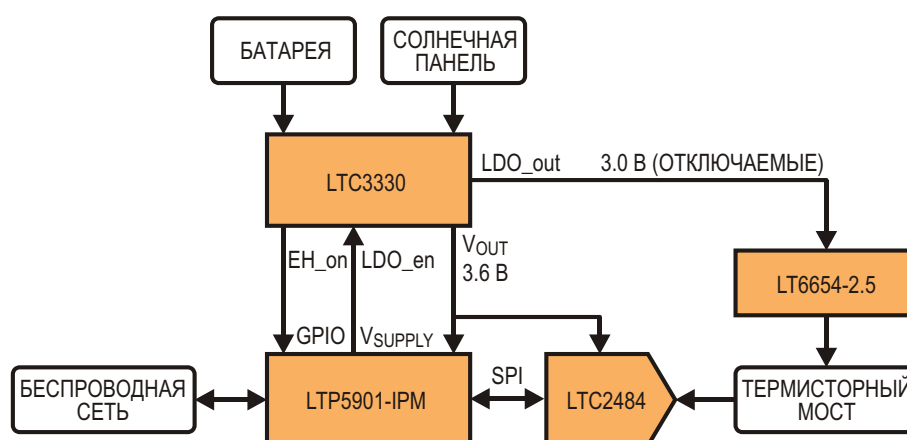


Рисунок 1. Беспроводной датчик температуры состоит из подключенного к АЦП радиомодуля, источника опорного напряжения и термистора. Устройство питается от схемы сбора энергии, использующей либо батарею, либо солнечную панель.

мисторе, питающемся от малошумящего источника опорного напряжения. 24-разрядный дельта-сигма АЦП LTC2484 измеряет напряжение на термисторе и передает результаты по линиям интерфейса SPI.

Радиомодуль LTP5901 содержит не только радиочастотные узлы, но и встроенные программы, необходимые для автоматического формирования многоузловых сетей, использующих протокол IP. Кроме того, LTP5901 содержит встроенный микропроцессор, считывающий данные из АЦП LTC2484 через порт SPI, а также управляющий последовательностью включения питания всех компонентов цепи прохождения сигнала.

Микросхема LTC3330 представляет собой маломощный sdвоенный импульсный источник питания, при наличии достаточного освещения преобразующий энергию, получаемую от солнечной панели, и переключающийся на использование батареи, когда это необходимо для поддержания требуемого выходного напряжения. Микросхема содержит также LDO стабилизатор, позволяющий управлять периодическим включением питания датчика температуры.

Цепь прохождения сигнала

В предлагаемой схеме температура измеряется с помощью термистора. Термисторы пригодны для измерения температур, далеко выходящих за типичный диапазон, представляющий практический интерес в повседневной жизни человека. Термисторы – это резисторы с большим отрицательным температур-

ным коэффициентом. К примеру, изготавливаемые компанией US Sensor приборы KS502J2 при температуре 25 °C имеют сопротивление 5 кОм, которое в диапазоне температур от –30 °C до +70 °C изменяется от 88 кОм до 875 Ом.

Термистор включен последовательно с двумя прецизионными резисторами 49.9 кОм и запитан от высокоточного источника опорного напряжения LT6654 (Рисунок 2). Дельта-сигма АЦП LTC2484 измеряет напряжение на резисторном делителе с разрешением 24 бита. Общая нескорректированная ошибка АЦП составляет 15 ppm, что в диапазоне изменения сопротивления выбранного термистора соответствует неопределенности измерения температуры менее 0.05 °C. Паспортные данные термистора указаны с точностью 0.1 °C, и, значит, иметь аналогичную точность измерений можно без каких-либо калибровочных процедур.

Шум АЦП не превышает значения 4 мкВ пик-пик, которое пересчитывается в ошибку измерения температуры, меньшую, чем 0.005 °C. Это означает, что при выполнении соответствующей калибровки система может использоваться для сверхточных измерений температуры. Поскольку АЦП измеряет отношение напряжения на термисторе к напряжению опорного источника, последний, строго говоря, не обязательно должен быть точным. Однако источник должен быть малошумящим, чтобы флуктуации опорного напряжения во время работы АЦП не искажали результатов измерений.

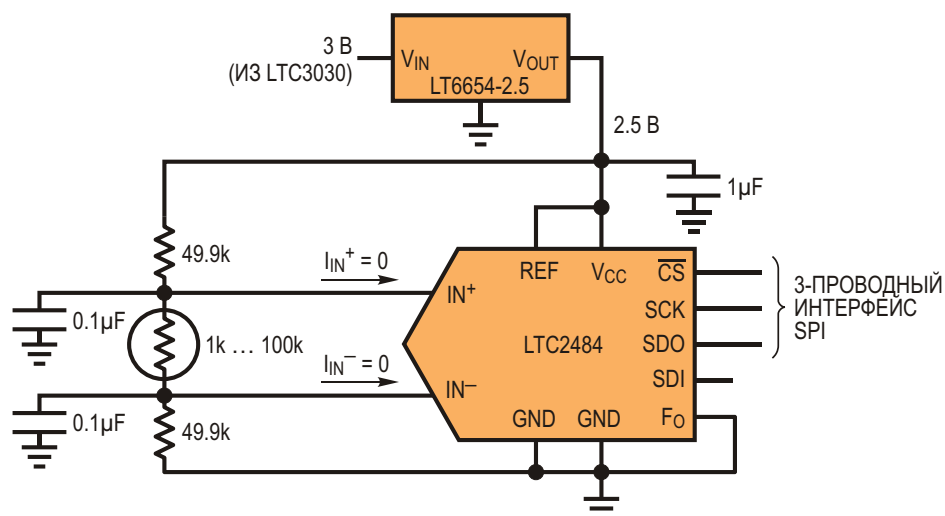


Рисунок 2. 24-битный АЦП LTC2484 считывает напряжение термистора. Ввиду того, что синфазное входное напряжение остается центрированным, этот АЦП из семейства Easy Drive не потребляет входного тока, что делает логометрические измерения простыми и точными.

В АЦП LTC2484 реализована запатентованная структура входа, получившая название Easy Drive. Ее особенность заключается в том, что результирующие дифференциальные токи выборки во время выполнения преобразования близки к нулю. В результате отсутствуют какие-либо ошибки измерения, обусловленные протеканием входного тока выборки через резисторную цепочку термистора, что позволяет исключить из схемы отдельный буферный операционный усилитель. Блокировочные конденсаторы создают низкоимпедансные пути для высокочастотных компонентов сигналов. Во многих случаях нет необходимости в постоянных измерениях температуры, и вполне достаточно отсчетов, получаемых раз в секунду, или даже раз в минуту. Это позволяет экономить много энергии в те отрезки времени, когда измерения не производятся. Ниже описано, как работает такая схема.

Ток, идущий в цепочку резисторов от опорного источника 2.5 В, может достигать 25 мкА. Чтобы снизить потребление мощности в паузах между измерениями, питание опорного источника должно включаться только на время работы АЦП. Постоянная времени входной цепи АЦП равна примерно 5 мс. Заблаговременное включение питания за 80 мс до начала измерений позволит входному напряжению АЦП устанавливаться полностью.

Фактически, из-за того, что оба входных узла включаются с одинаковой скоростью, выполнять измерения с необходимой точностью можно намного раньше, чем истечет теоретическое время установления. LT6654 питается выходным напряжением 3 В встроенного в LTC3330 LDO стабилизатора. Микропроцессор модуля LTP5901 управляет выводом разрешения LDO стабилизатора микросхемы LTC3330, обеспечивая при этом достаточные запасы времени до и после циклов измерений.

Закончив преобразование, LTC2484 автоматически переходит в спящий режим. Ток, потребляемый АЦП в этом режиме, имеет величину порядка 1 мкА, что составляет небольшую долю от тока, требуемого для беспроводного радиомодуля. По этой причине управление питанием АЦП не требуется. И, поскольку АЦП и LTP5901 постоянно питаются одинаковым напряжением, логические уровни их интерфейсов SPI совпадают, что делает схему более простой.

Завершив передачу результата измерения через порт SPI, LTC2484 автоматически начинает новое преобразование, сохраняя данные во внутреннем регистре до тех пор, пока пользователь не запросит их в очередной раз. Это полезно в системах, требующих очень частых считываний температуры. Однако в некоторых ультра маломощных приложениях периоды ожидания между считываниями могут быть достаточно продолжительными. В таком режиме для того, чтобы получить действительно «свежие» данные, приложение сначала должно подать импульсы на выходы $\overline{CS}$ и SCK, чтобы сбросить «устаревшую» информацию о температуре из регистра АЦП.

Этим автоматически запускается новое измерение температуры. Дождавшись завершения преобразования, микропроцессор считывает результаты через порт SPI. Несмотря на то, что немедленно после этого автоматически начнется следующее измерение, система продолжает удерживать термисторную цепочку отключенной путем блокировки LDO стабилизатора, отчего результат этого дополнительного считывания будет впоследствии проигнорирован.

Полную мощность, потребляемую схемой датчика температуры, можно подсчитать следующим образом. Сначала, сложив токи источника опорного напряжения (350 мкА), термисторной цепочки (25 мкА) и АЦП во время преобразования (160 мкА), получим в сумме 535 мкА (см. Таблицу 1). Затем посмотрим, как долго протекает этот ток. Для преобразования АЦП требуется порядка 140 мс, и 80 мс перед началом преобразования, чтобы дать время на установление опорного напряжения термисторной цепи.

Таблица 1. Потребление тока элементами схемы в активном режиме

Опорный источник LT6654	350 мкА
Термисторная цепочка	25 мкА
АЦП LTC2484	160 мкА
Всего	535 мкА

Добавим еще некоторое время, необходимое на считывание регистра АЦП через SPI, и получим время активного состояния порядка 300 мс. Ток 535 мкА, протекающий в течение 300 мс, соответствует переносу заряда в 160 мкКл. К этой величине следует прибавить

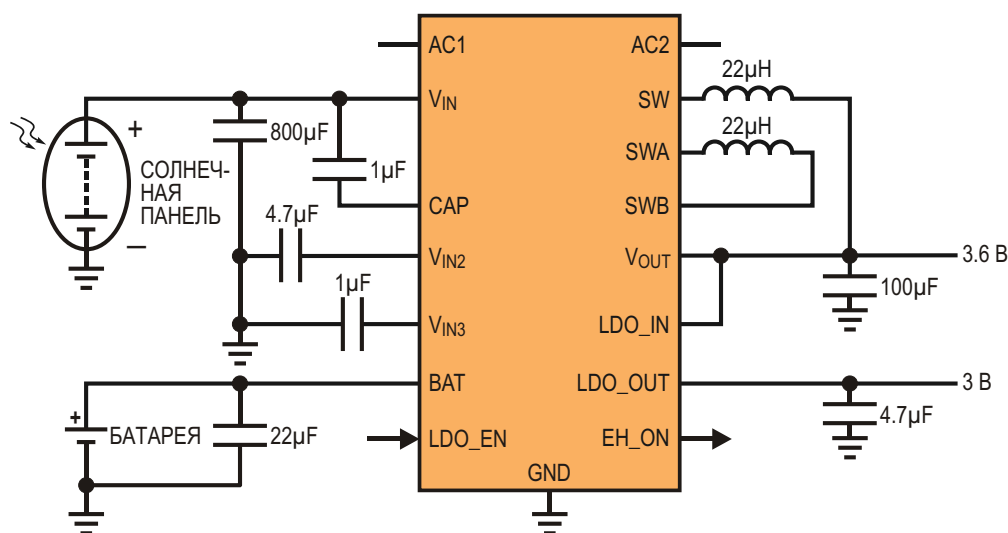


Рисунок 3. LTC3330 преобразует либо энергию солнечной панели, либо батареи, автоматически переключаясь между двумя источниками, чтобы обеспечить на выходе стабилизированное напряжение. Дополнительный LDO стабилизатор управляется выводом с логическими уровнями входного напряжения, и используется для включения и выключения питания датчика температуры. LTC3330 имеет выходной флаг, указывающий, какой из источников энергии используется в данный момент.

заряд, необходимый блокировочному конденсатору 4.7 мкФ на линии питания 3 В, так как этот узел перезаряжается от 0 В до 3 В при каждом считывании.

С учетом заряда конденсатора в 14 мкКл общий заряд, необходимый для одного измерения, будет равен 174 мкКл. Если выполнять одно измерение каждые 10 секунд, средний ток потребления составит 17 мкА. Примеры средних токов для других режимов работы приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Среднее потребление тока при различной периодичности считывания температуры

Периодичность считывания температуры	Средний ток
Один раз в секунду	170 мкА
Один раз в 10 секунд	17 мкА
Один раз в минуту	2.9 мкА

Управление питанием

Имея в своем составе два импульсных преобразователя и один линейный стабилизатор, LTC3330 обеспечивает питанием все узлы схемы. Повышающее-понижающий преобразователь получает энергию от батареи и стабилизирует выходное напряжение на постоянном уровне, в данном приложении установленном равным 3.6 В.

Отдельный понижающий преобразователь может использовать энергию солнечной панели, конвертируя ее в напряжение такого же уровня. Внутренний блок приоритетов следит за тем, чтобы, по мере возможности, использовалась только солнечная энергия, а батарея подключалась лишь в случае необходимости (Рисунок 3). В других приложениях микросхема LTC3330 способна собирать энергию источников переменного тока, таких, например, как пьезокристаллы, генерирующие переменное напряжение, пропорциональное энергии вибрации (Рисунок 4).

В режиме покоя LTC3330 потребляет меньше 1 мкА, а значит, вполне подходит для этого



Рисунок 4. DC/DC преобразователь микросхемы сбора энергии LTC3330 продлевает срок жизни батареи, используя энергию пьезоэлектрических, солнечных или магнитных источников.

маломощного беспроводного приложения. Потери в микросхеме источника питания составляют лишь небольшую часть энергии, уходящей в «нагрузку», и, прежде всего, в датчик температуры и беспроводную сеть.

Помимо двух импульсных преобразователей, LTC3330 содержит LDO стабилизатор с отдельным выводом разрешения. Эта функция очень удобна для коммутации питания нашей схемы. Источник опорного напряжения и цепь термистора подключены к выходу LDO стабилизатора. Это не только снижает шумы переключения, но и позволяет управлять включением и выключением питания цепи прохождения сигнала, сохраняя при этом беспроводное радио всегда включенным.

Очень важно, чтобы радиомодуль в паузах между передачами оставался включенным, так как синхронизация всей сети во времени обеспечивается таймерами его микроконтроллера. Внутренний микропроцессор беспроводного модуля в строго установленные моменты времени включает и выключает LDO с помощью вывода разрешения, подготавливая цепь прохождения сигнала к измерению температуры.

LTC3330 имеет выходной флаг EH_ON, сообщающий системе, забирается ли энергия от батареи или от солнечной панели. Флаг может быть полезен конечному пользователю, чтобы давать ему доступ к этой информации в реальном времени. По этой причине мы позволяем внутреннему микроконтроллеру радиомодуля считывать состояние этого флага и передавать его по сети наряду с данными измерения температуры.

Логический уровень сигнала на выходе EH_ON определяется напряжением внутренней шины питания LTC3330, которое зависит от режима работы и может превышать 4 В. Вместо того чтобы подключать этот вывод непосредственно к входу радиомодуля с более низким напряжением питания, мы делим его выходное напряжение и подаем на встроенный в микропроцессор 10-разрядный АЦП. В этом случае АЦП используется, фактически, просто как компаратор, указывающий, какой источник питания используется микросхемой LTC3330.



Рисунок 5. Беспроводной радиомодуль LTP5901.

Организация беспроводной сети

LTP5901 является законченным беспроводным радиомодулем, содержащим приемопередатчик, встроенный микропроцессор и сетевое ПО. Физически он представляет собой миниатюрную печатную плату (Рисунок 5), которая может быть легко припаяна к основной плате, на которую устанавливаются

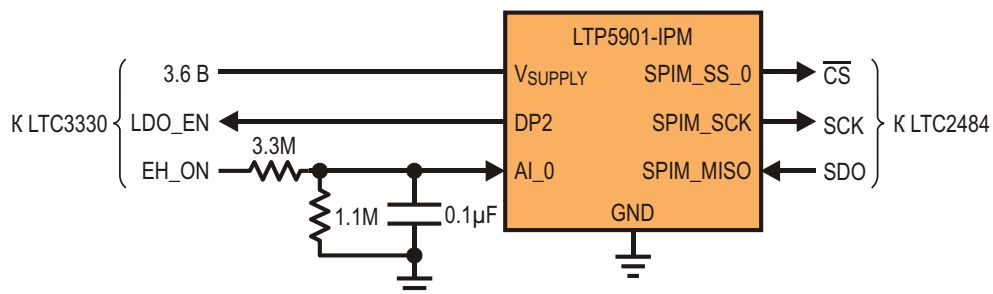


Рисунок 6. Для LTP5901-IPM в этом приложении требуется удивительно небольшое количество соединений. Все функции беспроводной сети, включая встроенные программы и радиочастотные цепи, уже встроены в модуль. Трехпроводный интерфейс SPI подключен к порту SPI микросхемы LTC2484. Вывод DP2 порта общего назначения (GPIO) управляет порядком включения датчика. Встроенный АЦП работает как транслятор уровня для считывания значения статусного флага EH_ON микросхемы сбора энергии LTC3330.

ся остальные элементы устройства – цепь обработки сигнала и схема управления питанием.

В этом устройстве LTP5901 выполняет две функции: средства беспроводного подключения и системного микроконтроллера (Рисунок 6). Когда включается питание нескольких узлов LTP5901, расположенных по соседству с менеджером сети, узлы автоматически распознают друг друга и начинают строить беспроводную ячеистую сеть. Вся сеть автоматически синхронизируется во времени, благодаря чему каждый приемопередатчик включается только на очень короткие, предопределенные временные интервалы.

В результате каждый узел способен работать не только как источник информации, но и как узел маршрутизации, транслирующий данные от других узлов к получателю. Таким образом создается исключительно надежная, маломощная ячеистая сеть, в которой каждому узлу доступно множество путей к менеджеру сети, даже при том, что все узлы, включая узлы маршрутизации, работают на очень низком уровне потребляемой мощности. Радиус действия, обеспечиваемый этой радиотехнологией, определяется типичным расстоянием между узлами 100 м, которое, однако, может быть во много раз больше за пределами помещений, в благоприятных условиях открытого пространства LTP5901 содержит микропроцессор с ядром ARM Cortex-M3, работающий под управлением сетевого ПО. Дополнительно ядро может программироваться пользователем для решения специфических задач конкретных приложений. Это позволяет многим системам обходиться без микропроцессоров сторонних производителей.

В нашем примере внутренний микропроцессор LTP5901, в строго определенное время включая и выключая LDO стабилизатор микросхемы LTC3330, управляет последовательностью подачи питания на датчик температуры таким образом, чтобы сберечь максимум энергии в интервалах между измерениями. LTP5901 считывает результаты измерений из 24-битного АЦП непосредственно через порт SPI.

И, наконец, LTP5901 считывает из LTC3330 статусный флаг питания (EH_on), показывающий, что является источником энергии схемы в данный момент – солнечный свет или батарея.

Для оценки мощности, потребляемой беспроводным радио, можно воспользоваться предлагаемыми Linear Technology онлайн инструментами SmartMesh Power и Performance Estimator, доступными по ссылке [1]. Для типичной сети, состоящей из 20 мотов, в которой 10 мотов подключены к менеджеру сети напрямую (через каналы с одним транзитным участком), а 10 остальных имеют не прямое соединение (через каналы с двумя транзитными участками), средний ток потребления равен 40 мкА для первой группы мотов, и 20 мкА для второй.

Приведенные числовые иллюстрации относятся к узлам, передающим результаты измерений температуры один раз в 10 секунд. Причина, по которой узлы с прямым подключением к менеджеру потребляют примерно вдвое больше, чем узлы, подключенные через два транзитных участка, заключается в том, что такие узлы не только передают информацию от собственных датчиков, но и маршрутизируют данные от некоторых узлов с непрямым соединением. Упомянутые выше уровни мощности можно сократить еще приблизительно вдвое, если отключить функцию, называемую «advertising» (буквально: «рекламирование», «анонсирование»). При этом перестанут распознаваться новые узлы, желающие подключиться к сети. Никакого иного влияния на работу сети отсутствие этой функции не оказывает.

Общее потребление энергии

Величина суммарной мощности, рассеиваемой всей схемой, зависит от различных факторов, включая частоту измерений температуры и конфигурацию узлов сети. Типичное значение тока, потребляемого сенсорным узлом при периодичности опроса 10 секунд, составляет менее 20 мкА для цепей датчика и достигает 20 мкА для радиочастотной части. Таким образом, суммарный ток потребления имеет порядок 40 мкА.

Маленькая солнечная панель размером 50 × 50 мм (например, серии Amorton) может генерировать ток 40 мкА даже при сравнительно слабом комнатном освещении порядка 200 лк, и во много раз больше при ярком солнечном свете. Это означает, что описанное выше устройство способно питаться исключительно энергией, получаемой от солнечных панелей, в достаточно широком диапазоне условий. Если схема находится в

темноте и солнечная энергия ей недоступна, от батареи емкостью 2.4 А ч (скажем, серии XOL компании Tadiran) она сможет проработать почти 7 лет. При низком или меняющемся освещении схема автоматически переключается между использованием энергии батареи и энергии солнца, еще больше увеличивая срок службы батареи.

Заключение

Созданные Linear Technology продукты для обработки сигналов, управления питанием и радиочастотной связи позволяют разрабатывать законченные, истинно беспроводные сети датчиков. Синхронизированные во

времени ячеистые сети обеспечивают надежную передачу данных между узлами при минимальном расходе энергии. Встроенный микроконтроллер радиомодуля может управлять цикличностью включения питания схемы датчика. Эффективные, высокоинтегрированные микросхемы управления питанием способны в течение максимально возможного времени обеспечивать устройство солнечной энергией или в течение многих лет использовать небольшую батарею. **РЛ**

Ссылки

1. http://www.linear.com/products/smartmesh_ip

Практика использования ИМС усилителей с АРУ серии SSM21xx



Часть 1

Владимир Рентюк, Запорожье, Украина

Как известно, проблемы часто скрываются в мелочах. Данная статья, написанная на основе собственного опыта автора в части разработки РЭА, раскрывает некоторые детали, важные для построения схем на базе ИМС усилителей с автоматической регулировкой усиления (АРУ) компании Analog Devices.

Анализируя сложившуюся на настоящий момент ситуацию, можно прийти к выводу, что в отношении схем с автоматической регулировкой усиления (АРУ) ясного понимания, какую схему и в каком случае оптимально применять, нет, не только в среде радиолюбителей, но и в сообществе профессиональных разработчиков РЭА. В свое время автор уже излагал некоторые общие соображения по этому вопросу, а также рассматривал решения в области схемотехники АРУ и описывал особенности их применения [1, 2]. Настоящая статья посвящена особенностям использования одних из самых удивительных интегральных микросхем – микрофонных предусилителей (кондиционеров) с компрессией сигнала и шумовым затвором семейства SSM21xx компании Analog Devices. Имеются в виду ИМС SSM2166S, SSM2167-1 и SSM2165. (Последняя снята с производства, но пока еще доступна у поставщиков, так как используется для ремонта). Устройства, выполненные на базе этих ИМС, используются для формирования сигналов с микрофонных входов в цифровых системах обработки звука, в электромузыкальных инструментах, модуляторах, измерительных устройствах, телевизионной технике, системах наблюдения и т. п.

Для начала разберемся, что же представляет из себя типовая ИМС усилителя с АРУ серии SSM21xx. От распространенных усилителей с АРУ их отличает сложная передаточная характеристика. Кроме традиционного для понижающих схем с АРУ ограничения по максимальному уровню сигнала (здесь и далее, по среднеквадратичному уровню, а не по амплитудному), они осуществляют его компрессию и убывающее экспандирование в области малых сигналов. То есть, они имеют так называемый шумовой затвор – noise gate. Передаточная характеристика устройств на базе этих ИМС представлена на Рисунке 1.

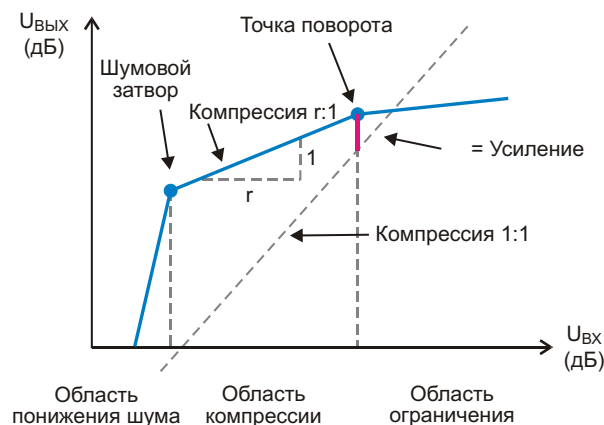


Рисунок 1. Передаточные характеристики схем на базе ИМС SSM21xx.

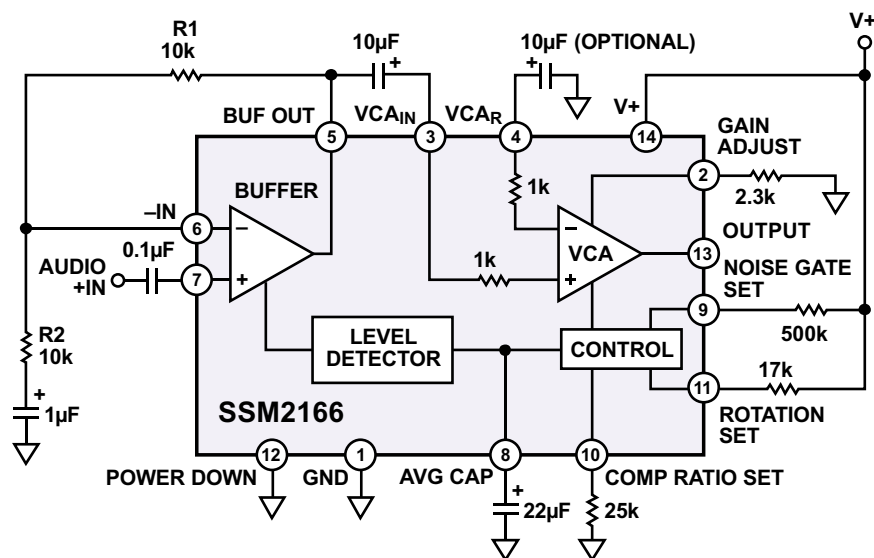


Рисунок 2. Блок-схема SSM2166S (из [3]).

Подробное описание базовой и самой многофункциональной ИМС этой серии – SSM2166S, – приведено в спецификации [3]. Для того чтобы разобраться в тонкостях использования, обратимся к блок-схеме из этого руководства (Рисунок 2).

Сигнал подается на неинвертирующий вход буферного усилителя (BUFFER), который для ИМС SSM2166S может быть сконфигурирован на необходимое усиление. Примечание: у ИМС SSM2165 и SSM2167-1, в отличие от SSM2166S, буферный усилитель имеет фиксированное усиление, равное единице. Далее сигнал поступает на усилитель, управляемый напряжением (VCA), и на детектор (LEVEL DETECTOR). То есть, в этих ИМС реализован принцип АРУ со связью вперед. Встроенный в ИМС усилитель VCA, обеспечивает необходимое усиление, которое динамически регулируется контуром управления так, чтобы сохранить установленную пользователем характеристику сжатия. Степень сжатия (Compression Ratio) задается соответствующим выбором номинала резистора COMP RATIO SET и может быть установлена от 1:1 до 15:1 относительно определенной пользователем «точки поворота». Примечание: Отношение «г : 1» задается, как отношение в дБ, а не в раз! Точка поворота устанавливается выбором номинала резистора, подключенного к выводу ROTATION SET. Сигналы, среднеквадратичный уровень которых выше точки поворота, ограничиваются, чтобы предотвратить перегрузку и устранить «схлопывания». VCA ИМС

SSM2166S может быть сконфигурирован на нужное дополнительное относительно режима 1:1 усиление выбором соответствующего номинала резистора, подключенного к выводу GAIN ADJUST. Это усиление будет добавкой к изменяемому усилению в режиме сжатия (см. « = Усиление» на Рисунке 1). Убывающее экспандирование (упомянутый выше шумовой затвор – noise gate) предотвращает усиление шума и внешних помех, лежащих ниже некоторого заданного пользователем уровня входного сигнала. Точка шумового затвора устанавливается резистором, подключенным к выводу NOISE GATE. ИМС этой серии содержат запатентованный детектор среднеквадратичного значения. Время усреднения (интеграции) среднеквадратичного детектора и, соответственно, постоянной времени АРУ, задается внешним конденсатором, подключенным к выводу AVG CAP. ИМС этой серии имеют опцию перевода в режим с пониженным потреблением тока. Управление этим режимом осуществляется через вход POWER DOWN (вывод 12). Опция перевода в режим паузы – «mute» реализуется через вход GAIN ADJUST (вывод 2). Теперь перейдем, собственно, к особенностям. Рассматривать их будем на примерах SSM2166S [3], как самой универсальной микросхемы, и SSM2167-1 [4], как современного аналога SSM2165, хотя в некоторых случаях SSM2165 будет рассматриваться тоже.

Сначала рассмотрим буферный усилитель. Для SSM2166S он может быть сконфигурирован на усиление до 20 дБ (рекомендо-

вано [3]) при обычной схеме включения и сопутствующих расчетах, типичных для неинвертирующего усилителя, выполненного на базе операционного усилителя. Хотя это и не указано ни в руководящих материалах, ни спецификации на эту ИМС, буферный усилитель можно не только конфигурировать по усилению, но и задавать ему необходимую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), что позволяет частично удалить из сигнала, подаваемого на усилитель, лишние участки спектра и устранить его перегрузку сигналами нежелательной частоты. Но конфигурация по усилению и частотная коррекция возможны только для SSM2166S. Для SSM2167-1 и SSM2165 коэффициенты усиления буферного усилителя фиксированы и равны единице. Входной импеданс буферного усилителя достаточно велик – 180 кОм для SSM2166S и 100 кОм для SSM2167. Как видим, усилитель можно использовать с источниками сигнала, имеющими достаточно высокий собственный импеданс. На практике автора это были некоторые датчики и шумовые диоды. Как известно, последние работают на микротоках и требуют высокоомной нагрузки. Низкоомный вход усилителя шунтировал бы их и вывел из оптимального режима. Здесь скрываются два нюанса. Во-первых, для таких источников сигнала не рекомендуется разгонять максимальное усиление (для SSM2166S это 60 дБ). Во-вторых, просто так подключить к буферному усилителю высокоимпедансный источник сигнала не получится, из-за вероятности его самовозбуждения. По опыту автора статьи, это не обязательный факт, но возможный. Для исключения вероятности этого явления в случае сопротивления источника сигнала более 5 кОм точка входа (контакт 6 для SSM2166) как можно ближе к выводу должна быть зашунтирована керамическим конденсатором емкостью 1 нФ. Это несколько снижает верхнюю полосу рабочих частот усилителя, но ненамного – примерно до 30 кГц. Учитывая, что рекомендуемая полоса рабочих частот описываемых ИМС лежит в диапазоне 20 Гц – 20 кГц, это никак не отразится на работе усилителя. Еще одна тонкость, о которой умалчивает изготовитель. По крайней мере, SSM2166S не допускает подключения емкостной нагрузки (например, даже щупа осциллографа с делителем) к точке выхода буферного усилителя BUF OUT (контакт 5) или VCA_{IN} (контакт 3). Если вы захотите

посмотреть осциллографом сигнал на выходе буферного усилителя, то на экране вы увидите картинку, характерную для самовозбуждения, которого на самом деле нет. Это нужно учитывать и при разводке печатной платы, а для просмотра сигнала использовать дополнительный технологический резистор сопротивлением не менее 10 кОм, подключаемый прямо на выход буферного усилителя. Еще один момент касается постоянной составляющей на входе и выходе буферного усилителя. Она не 2.5 В, как можно было бы ожидать при пятивольтовом питании, а 1.5 В для SSM2166S и 400 мВ для SSM2167-1 (этих данных нет в таблицах спецификаций, они скрыты в описаниях). Это важно для правильного выбора полярности подключения электролитического конденсатора (в случае его применения), как по входу, так и по выходу буферного усилителя.

Наиболее сложным является правильное конфигурирование основного элемента ИМС – VCA. Здесь нужно учитывать сразу несколько моментов. Коэффициент усиления для ИМС SSM2167-1 фиксирован и составляет 18 дБ. Ранее эти ИМС (последний релиз спецификации Rev. A 3/2002), как и снятые с выпуска SSM2165 (спецификация Rev.A 1999), имели добавочные индексы «-1» и «-2». Если вам попадутся такие ИМС, то они будут иметь фиксированные коэффициенты усиления 18 дБ и 8 дБ, соответственно. ИМС SSM2166S, как уже отмечалось выше, имеет настраиваемый коэффициент усиления. Он может быть установлен изменением номинала резистора, подключенного к выводу GAIN ADJUST, от 0 дБ ($R = 1.5$ кОм) до 19 дБ ($R > 20$ кОм). Указанное в спецификации усиление каскада 60 дБ не должно вводить вас в заблуждение, это касается полного усиления каскада с учетом установки точки поворота передаточной функции, реально – это его динамический диапазон. Дело в том, что под «усилением» здесь понимается разность между передаточными характеристиками в режиме компрессии и в режиме линейной, то есть, без компрессии, передачи сигнала (см. Рисунок 1). Выбор номинала резистора, обеспечивающего это добавочное усиление, выполняется с помощью графика «Figure 6. VCA Gain vs. R_{GAIN} » [3] («Рисунок 6. Зависимость коэффициента усиления VCA от номинала резистора R_{GAIN} »). Наличие там сноски «Pin 2 to GND» («Вывод 2 к земле») не озна-

чает, что вывод 2 ИМС должен быть подключен к общему проводу. На самом деле, так «оригинально» указали, что резистор, задающий усиление, включается между контактом 2 ИМС и общим проводом. Как видно из упомянутого графика, коэффициент усиления VCA в действительности заканчивается на уровне примерно в 19 дБ. При подключении к выводу 2 резистора номиналом 1.5 кОм усиление отсутствует. Но для перевода усилителя в режим молчания – «паузы» (mute) используют резистор порядка 300 Ом, который через ключ подключается параллельно основному резистору, задающему нужный коэффициент усиления. Использование этого режима имеет следующую особенность: при его включении/выключении практически отсутствует реакция в виде переходных процессов. А вот при выходе из дежурного режима (режима с малым током потребления) они есть. Таким образом, если эти два режима совместить, то переходные процессы при выходе из дежурного режима будут практически отсутствовать. Неудобство только в том, что режим паузы включается низким уровнем (подключением к общему проводу), а дежурный режим – высоким (подключением к шине питания). Автор статьи с опаской относится к использованию подстроечных резисторов, даже таких качественных, как BOURNS по доллару за штуку, но по опыту работы с SSM2166S без их использования в цепи установки коэффициента усиления обойтись сложно. Поэтому лучше использовать технологический подстроечный резистор, который после установки коэффициента усиления для конкретного исполнения каскада будет заменен постоянным. Из практики сделан вывод, что лучше подстраивать усиление, чем точку поворота передаточной функции. Еще один момент – не пожалейте конденсатор и заблокируйте им резистор, устанавливающий коэффициент усиления. Он, кстати, имеется и в рекомендованном изготовителем отладочном модуле. Керамического конденсатора 10...100 нФ будет достаточно. Это уменьшит влияние внешних помех. Относительно канала усиления есть еще один важный для некоторых применений момент – сигнал этими ИМС не инвертируется, то есть фаза поступившего на вход сигнала не меняется.

Следующий важный этап – установка точки поворота передаточной функции. Именно эта точка будет определять, на каком уров-

не (напоминаю – среднеквадратичном, а не амплитудном) наступит мягкое ограничение уровня сигнала, выше которого он увеличиваться практически не будет (реально – максимум на 1.5 дБ). Естественно, что для этого также есть свои пределы, по оценке автора статьи это, как минимум, еще 17 дБ для увеличения входного сигнала без заметных искажений выходного. Далее сигнал на выходе будет уже ограничиваться. То есть, для большинства применений этого вполне достаточно, еще и с технологическим запасом. Если недостаточно – то нужно использовать другие решения, например, описанное в [1] и применявшееся автором в качестве модулятора. Точка поворота, также как и коэффициент усиления, для ИМС SSM2166S – изменяемая, а для SSM2167-1 и SSM2165 – фиксированная. А для ранее выпускавшихся ИМС с добавочными индексами «-1» и «-2» точки поворота еще и разные. Итак, для ИМС SSM2167-1 точка поворота установлена на уровне 63 мВ, а для «старых» ИМС с индексами «-1» и «-2» – 40 мВ и 100 мВ, соответственно. Какая проблема с этим параметром? Выбор номинала резистора для установки точки поворота для SSM2166S осуществляется по графику «Figure 9. Rotation Point vs. $R_{\text{ROT PT}}$ » [3] («Рисунок 9. Зависимость напряжения точки поворота от номинала резистора $R_{\text{ROT PT}}$ »). Сноска «Pin 11 to V+» («Вывод 11 к V+») означает, что резистор, задающий напряжение точки поворота, включается между выводом 11 и шиной питания ИМС. Как видно из упомянутого графика, напряжение точки поворота может быть задано в пределах от 1 В до 35 мВ. Сопротивление резистора при этом будет изменяться от 240 Ом до 82 кОм. Если вы поставили резистор номиналом, например, 24 кОм и решили, что среднеквадратичное напряжение на выходе вашей схемы, согласно графику, составит 100 мВ, то вы глубоко заблуждаетесь. Почему? Потому, что вы забыли про заданный вами для VCA коэффициент усиления. Значение напряжения в точке поворота в вашей реальной схеме будет увеличено как раз на заданный для VCA коэффициент усиления. Это же справедливо и для SSM2167-1. Почему для ИМС с фиксированным напряжением не дали значение точки поворота уже с учетом усиления – это вопрос к Analog Devices. Но такая подача вводит разработчиков в заблуждение.

Коэффициент компрессии для всех разновидностей описываемых ИМС задается пользователем. Для ИМС SSM2166S и SSM2165 он выбирается в пределах от 1:1 до 15:1. Для SSM2167-1(2), независимо от года выпуска, – от 1:1 до 10:1. В спецификациях приведены ясные для понимания таблицы выбора номинала резистора, задающего коэффициент сжатия. Он устанавливается между соответствующим выводом и общим проводом. Здесь путаница возникает уже для ИМС SSM2166S. Дело в том, что для разных годов выпуска номинал этого резистора отличается, и весьма существенно. Автор статьи

сделал это интересное «открытие» на своем горьком опыте, когда схема с АРУ вдруг перестала привычно работать в новых серийных, отлаженных изделиях. После обращения в службу технической поддержки в Analog Devices подтвердили, что ИМС выпуска после 2009 года (на корпусе в строке маркировки у них теперь есть буква «А») имеют иные номиналы резисторов для установки параметров компрессии, но спецификация появилась позже самих ИМС. Различие номиналов можно оценить из Таблицы 1, в которой дано сравнение различных релизов спецификации [3].

Таблица 1. Сравнение номиналов резисторов для установки коэффициента компрессии SSM2166S

Выпуск до 2009 (спецификация до Rev.C)						Выпуск после 2009 (спецификация после Rev.C)									
Точка поворота	Уровень компрес-сии	1:1	2:1	5:1	10:1	15:1	Точка поворота	Уровень компрес-сии	1:1	2:1	5:1	10:1	15:1		
		100 мВ с.к.з.	0	12.5	96	215			395	100 мВ с.к.з.	0.1	8.7	19.4	45	395
		300 мВ с.к.з.	0	12.5	96	215			395	300 мВ с.к.з.	0.1	8.7	19.4	45	—
		1 В с.к.з.	0	12.5	96	215			395	1 В с.к.з.	0.1	8.7	19.4	45	—
(Типовое значение, кОм)						(Типовое значение, кОм)									

(Типовое значение, кОм)

(Типовое значение, кОм)

У «новых» и «старых» SSM2166S имеются и другие различия. Коэффициент усиления VCA, у «новых» SSM2166S несколько больше при одинаковых номиналах задающего резистора. Отличается установка точки поворота, и есть несущественное отличие в установке шумового затвора.

Таким образом, подчеркнем еще раз, в полном названии ИМС отличий нет, они называются одинаково SSM2166S, отличие есть только в маркировке и установках. Поэтому, если вам попались ИМС без маркировки «А», или вы производите ремонт, прямая замена «старых» ИМС на «новые» приведет к непрогнозируемому изменению передаточной характеристики предусилителя. Коэффициент компрессии и усиление будут увеличены, а точка поворота сдвинется. Вам нужно либо искать

ИМС выпуска до 2009 года, либо запрашивать у Analog Devices старую спецификацию (Rev.A - C), поскольку найти ее сложно, а затем подбирать новые номиналы резисторов, задающих необходимые компрессию, усиление и точку поворота передаточной функции. **РЛ**

Литература:

1. Rentyuk Vladimir "Use of an AGC Amplifier as a Soft Limiter of Signals", Electronics World, May 2010.
2. Рентюк В.К. «Два подхода к выбору схем АРУ», Радиоаматор, №6 2011 (уточнение №8 2011)
3. SSM2166S Microphone Preamplifier with Variable Compression and Noise Gating, Rev. E, 10/2013, Analog Devices Inc.
4. SSM2166S Low Voltage Microphone Preamplifier with Variable Compression and Noise Gating, Rev. G, 09/2011, Analog Devices Inc.

Окончание в следующем номере

IAR visualSTATE: удобный подход к проектированию с помощью конечных автоматов

Часть 2

Окончание. Начало в номере 04-2014

Михаил Русских

Приводятся типы реакций состояния и рассматривается их роль в рамках пакета visualSTATE, описываются процессы создания проекта, проверки модели, генерации кода и документирования проекта

Реакции состояния

Реакции состояния ведут себя подобно переходам, но в отличие от них реакции не изменяют состояние. К тому же переход обычно имеет исходное и целевое состояния, реакции же ассоциируются только с одним состоянием (целевое не предусматривается). В IAR visualSTATE поддерживаются четыре типа реакций состояния: входные реакции, выходные реакции, реакции действия и внутренние реакции.

Входная реакция представляет собой действие, которое будет выполняться всякий раз, когда автомат будет переходить в подразумевающее эту реакцию состояние. Графически она маркируется ключевым словом **Entry**, после чего через символ «/» указывается требуемое действие. Например, входная реакция, предполагающая выполнение функции включения дисплея, может выглядеть так: **Entry / DisplayOn()**. По сути, вместо этого можно указывать необходимое действие над переходом, для которого данное состояние является целевым. Но использование входных реакций характеризуется

несколькими преимуществами. Во-первых, проще и удобнее записывать реакции внутри состояния, чем указывать действия над каждым переходом. Во-вторых, это позволяет создавать наглядные модели, поскольку действия определены в них только один раз. В-третьих, при изменении модели действие автоматически присваивается новому переходу. В целом, эти преимущества позволяют снизить вероятность появления ошибок при проектировании системы.

Выходная реакция представляет собой действие, которое будет выполняться всякий раз, когда конечный автомат будет выходить из подразумевающего эту реакцию состояния. Графически она маркируется ключевым словом **Exit**. Преимущества использования выходной реакции те же, что и входной.

Реакция действия подразумевает под собой деятельность, которая будет выполняться, когда ее родительское состояние станет активным. Причем она будет выполняться до тех пор, пока автомат не выйдет из этого состояния. Реакция действия маркируется ключевым словом **Do**. В visualSTATE она логически интерпретируется как отдельный

конечный автомат, который является параллельным другим возможным конечным автоматам внутри данного родительского состояния. При этом содержимое реакции действия моделируется в новой диаграмме состояний.

Наконец, внутренняя реакция представляет собой переход, который срабатывает без необходимости выхода из текущего состояния. Она указывается также, как и обычное описание перехода, то есть внутри состояния могут быть изображены условная часть и часть действия, разделенные символом «/». Здесь следует помнить, что изображение перехода, целевым состоянием которого является исходное, логически не представляет собой тоже, что и внутренняя реакция, поскольку она никогда не выходит из своего состояния, и, следовательно, не приводит к выполнению каких-либо входных или выходных реакций.

Модули visualSTATE

Пакет IAR visualSTATE представлен рядом программных модулей, позволяющих на основе диаграмм состояния разрабатывать и тестировать приложения реального времени. Эти модули носят следующие названия: **Navigator**, **Designer**, **Verifier**, **Validator**, **Coder** и **Documenter**.

Navigator представляет собой графический инструмент управления проектами, дающий возможность вести свой проект от разработки модели и ее симуляции до генерации кода и документирования. Через **Navigator** можно легко получать доступ к другим модулям IAR visualSTATE.

Designer служит для разработки диаграмм состояния на основе UML. Впоследствии созданную модель можно верифицировать с помощью инструмента **Verifier**, а проверить функциональность этой модели, то есть выполнить симуляцию, анализ и отладку, позволит модуль **Validator**.

Для автоматической генерации кода на основе спроектированной модели служит **Coder**. И, наконец, **Documenter** предназначен для создания документированных отчетов.

Создание проекта и работа с ним

Для того чтобы начать работу с IAR visualSTATE следует запустить **Navigator**. Для создания нового проекта нужно нажать **File->New**, после чего можно будет выбрать

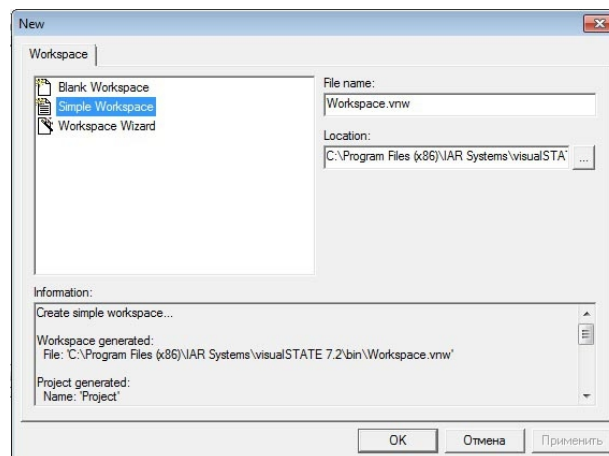


Рисунок 1. Окно выбора типа рабочего пространства.

тип начального рабочего пространства (Рисунок 1). Опция **Blank Workspace** позволит создать пустое рабочее пространство, которое пользователь будет настраивать полностью сам. Благодаря **Workspace Wizard** для проекта сразу можно задать количество систем, число главных состояний в каждой системе и число областей в каждом состоянии. **Simple Workspace** обеспечит пользователя начальным набором окон для быстрого старта. Иерархическая структура в данном случае будет содержать проект, систему и главное состояние. Этот вариант наиболее подходящий для знакомства со средой.

Чтобы начать рисовать диаграммы состояний, нужно вызвать модуль **Designer**, выбрав в меню **Project->Designer** или нажав **F7**. В этом модуле, используя инструменты меню ввода **Insert Menu** (Рисунок 2), можно в окне диаграмм создавать состояния и соединять их необходимым образом. Здесь стоит пояснить назначение каждой иконки в этом



Рисунок 2. Панель Insert Menu.

меню, то есть, какие элементы они позволяют изображать. Последовательно сверху вниз, начиная с первой после иконки с курсором: простое состояние (Simple State), составное состояние (Composite State), система (System), переход (Transition), изогнутый переход (Curved Transition), ортогональный переход (Orthogonal Transition), переход в себя (Self Transition), начальное состояние

(Initial State), историческое состояние (History State), глубокое историческое состояние (Deep History State), конечное состояние (Final State), слияние (**Join**), разветвление (**Fork**), переходное состояние (**Junction**), соединитель (**Connector**). Ранее были описаны все элементы, кроме последних четырех, которые рассмотрим ниже.

Слияние используется для объединения нескольких переходов, источниками которых являются состояния, находящиеся в различных параллельных областях. Здесь нужно учитывать, что входящие в элемент **Join** переходы не могут иметь описания. Разветвление, напротив, необходимо для получения из одного перехода двух или более. При этом целевые состояния полученных переходов должны находиться в параллельных областях. В данном случае также переходы, выходящие из элемента **Fork**, не могут иметь описания.

Элемент **Junction** используется для создания составных переходных путей между состояниями. Например, его можно задействовать для объединения нескольких входящих переходов в один выходящий. И, наоборот, с помощью него можно разделить один входящий переход на несколько выходящих, имеющих разные сторожевые условия. Инструмент **Connector** применяется для разделения перехода на несколько фрагментов. Он графически представлен двумя элементами – начальным и конечным. Между этими элементами пользователь может изобразить переход, разделенный обычными состояниями.

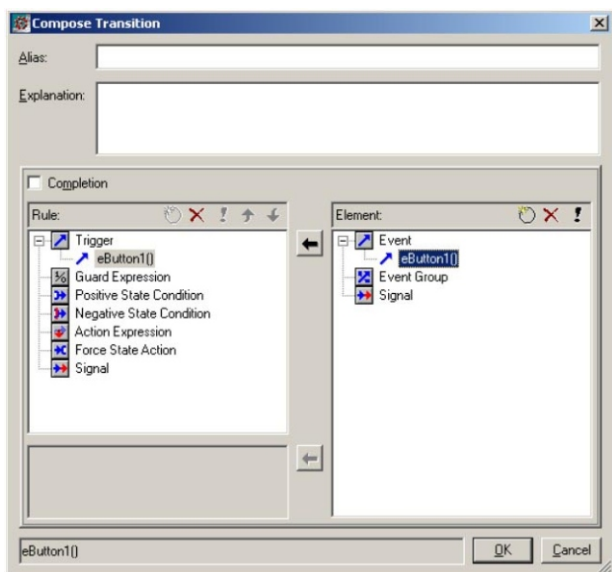


Рисунок 3. Окно Compose Transition.

С помощью перечисленных выше элементов создавать состояния и соединять их переходами интуитивно просто. Для того чтобы определить поведение перехода, нужно во вкладке **View** выбрать **Element Browser** и в нем во вкладке **Event** следует нажать на кнопку **New**. Далее можно указать имя создаваемого перехода и при желании добавить некоторые пояснения в поле **Explanation**. После этого можно вернуться к окну диаграммы состояния. Затем следует двойным щелчком мыши нажать на текстовом поле, принадлежащим переходу, которому нужно указать атрибуты. При этом откроется окно **Compose Transition** (Рисунок 3), где в секции **Rule** можно выбрать желаемый элемент описания перехода, например, триггер, сторожевое выражение, условие состояния, выражение действия. В этом же окне в секции **Element** следует уточнить назначение этого элемента. К примеру, триггер может представлять собой событие, группу событий или сигнал.

Проверка модели

После создания диаграммы ее можно протестировать с помощью инструментов **Validator** и **Verifier**. **Validator** позволяет симулировать работу модели и производить ее отладку. **Verifier** может проверить правильность полученной диаграммы с точки зрения логики visualSTATE. С помощью него, например, можно выяснить, содержит ли поведение каких-либо переходов противоречия, или имеются ли на диаграмме недостижимые переходы.

Для того чтобы открыть **Validator** следует в главном меню выбрать **Project->Validator** или нажать **F8**. В этом модуле имеются три основных окна: **Event**, **System** и **Action** (Рисунок 4). Нажимая на события в окне **Event**, можно выполнить пошаговый анализ разработанной системы. В окне **System** при этом можно наблюдать текущее состояние, а в **Action** отображаются действия, которые генерируются выбранным событием.

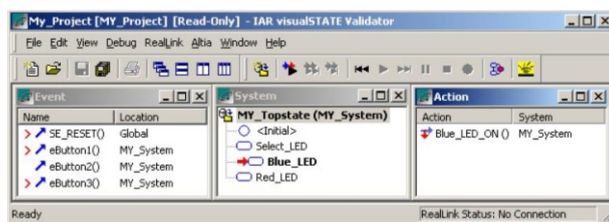


Рисунок 4. Интерфейс модуля Validator.

Также анализ и отладку системы можно выполнять графически. Для этого в меню модуля **Validator** нужно выбрать **Debug->Graphical Animation**. После этого откроется **Designer** в режиме симуляции. Оставив открытым **Validator** и выбирая пошагово события в окне **Event**, в модуле **Designer** окружностью красного цвета будет обводиться текущее состояние, а окружностью синего цвета – предыдущее.

Чтобы запустить **Verificator**, следует в модуле **Navigator** выбрать **Project->Verify System** или нажать **Ctrl+F10**. В окне верификации отображается результат формальной проверки (за функциональную проверку полностью отвечает **Validator**), которая выявляет ошибки и несоответствия в логике построения системы. Например, с помощью нее можно определить присутствие неиспользуемых элементов, конфликтующих переходов или состояний, в которые конечный автомат может войти, но никогда не выйти (так называемые «dead end»-состояния). В случае отсутствия ошибок в проекте все пункты в окне верификации должны быть помечены галочками зеленого цвета, в противном случае разработчик должен вернуться в **Designer** и устранить имеющиеся ошибки.

Генерация кода

Для генерации кода на основе созданной модели служит **Coder**. Как уже указывалось в предыдущей части статьи, разработчику необходимо будет интегрировать полученный код в приложение с помощью специальных функций **visualSTATE API**. При этом разработчик должен сам позаботиться о написании кода для инициализации микросхемы, работы с портами ввода/вывода, обработки входных сигналов и других задач, не предусматриваемых логикой модели, созданной с помощью **visualSTATE**. Удобство такого подхода заключается в том, что этот грамотно написанный программистом код может вообще не изменяться в ходе проектирования, поскольку функционирование системы определяет модель **visualSTATE**.

При необходимости обработки конкретного входного сигнала или события разработчик должен вызвать готовую **API-функцию**, в которой ему нужно указать этот сигнал или событие в качестве параметра. Обычно в приложениях реального времени в определенные моменты могут возникать разные

события. В связи с этим рекомендуется создать обработчик очереди событий по принципу **FIFO** (первый вошел, первый вышел), что позволит работать с ними последовательно в том же порядке, в котором они были получены. Для этого можно организовать массив, в котором должны храниться имена событий.

Для запуска модуля **Coder** нужно, находясь в **Navigator** с активным проектом, на основе которого необходимо получить код, выбрать в меню **Project->Code Generate**, после чего появится окно с файлом отчета, в котором будут указаны имена сгенерированных файлов и их месторасположение. Далее для создания полноценного исполняемого кода потребуются файлы, сгенерированные с помощью **visualSTATE**, файлы с **visualSTATE API** и файлы с кодом, написанным разработчиком. Желательно для этих трех групп создать по каталогу. По умолчанию генерируемые модулем **Coder** файлы создаются в папке **Coder**, находящейся в том каталоге, где имеется файл проекта. Чтобы поменять директорию, нужно в меню модуля **Navigator** выбрать **Project->Options->Code generation**. Затем во вкладке **File output** в поле **Output directory** прописать новый путь.

API-функции подразделяются на два класса: базовые (**Basic API**) и экспертные (**Expert API**). Базовые **API** обеспечивают более быструю работу сгенерированного кода и требуют меньшего объема памяти по сравнению с экспертными **API**, но экспертные **API** более универсальны и дают больше возможностей. Первые используются при создании относительно простых приложений, представляющих собой компактные системы управления для обработки сигналов и событий с помощью конечных автоматов. Базовые **API** желательно задействовать в случае, если в проекте предусматривается одна система. Если в достаточно сложном проекте систем несколько, возможно, будет эффективнее воспользоваться экспертными **API**. Базовые функции находятся в одном файле, который генерируется вместе с остальным кодом, в то время как экспертные разнесены по нескольким файлам, которые можно найти в папке **API**, находящейся в каталоге с установленной программой **visualSTATE**. В том же каталоге в папке *doc* имеется файл *APIGuide.pdf*, в котором описаны все **API-функции**.

Coder также может генерировать код не на **ANSI C**, а на **C++**. Для этого в меню модуля **Navigator** следует выбрать **Project-**

>Options->Code generation. В появившемся окне **Coder options** во вкладке **Configuration** нужно отметить пункт **C++ code generation**.

В итоге с помощью подходящего для целевого процессора компилятора можно создать исполняемую программу на основе файлов со сгенерированным кодом, с API-функциями и с кодом, написанным разработчиком.

Документирование проекта

Хотя **Documenter** не является столь значимым модулем по сравнению с рассмотренными выше, о нем все-таки стоит сказать несколько слов, поскольку он позволяет задокументировать результаты работы над проектом, что, возможно, впоследствии облегчит труд разработчика.

Documenter генерирует отчет, включающий в себя информацию о проекте, функциональной и формальной проверке и полученном коде. Эта информация предоставляется другими модулями и компонуется в определенный структурированный документ, который по выбору пользователя может иметь формат HTML или RTF.

Для создания отчета нужно в меню модуля **Navigator** с активным проектом, о котором требуется получить необходимые сведения,

выбрать **Project->Document**. После чего начнется процесс сбора информации, которая в итоге будет отображена в окне этого же модуля. Созданный файл с отчетом можно будет найти в папке *doc*, содержащейся в каталоге с проектом.

Заключение

Большинство встраиваемых приложений реального времени можно разрабатывать на основе конечных автоматов, что делает проект более наглядным и облегчает его дальнейшую поддержку. Поэтому IAR visualSTATE является прекрасным помощником при создании таких приложений. Этот программный пакет позволяет существенно облегчить жизнь инженеров, разрабатывающих внутреннюю логику работы системы, благодаря удобным инструментам проектирования диаграмм состояния и возможностям проверки модели и генерации кода на основе этой модели. Хотя, как было показано в статье, visualSTATE представляет собой не монолитную программу, а набор модулей, каждый из которых решает определенную задачу, человек, разбирающийся в теории конечных автоматов, благодаря интуитивно понятному интерфейсу этого пакета сможет без особых затруднений создать свое приложение реального времени. **РЛ**

Языку BASIC исполнилось 50 лет



Lou Frenzel

Electronic Design

Где же BASIC сегодня? Он не исчез, но стал не таким популярным, каким был когда-то.

Можете ли вы поверить в это? Языку программирования BASIC исполняется 50 лет. Возможно, вы знаете, что BASIC был создан в 1964 году профессорами Дартмутского колледжа Джоном Кемени (John Kemeny) и Томом Курцем (Tom Kurtz) как система, упрощающая обучение программированию. BASIC означает Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code – универсальный символический язык команд для начинающих. Язык был реализован как интерпретатор на Дартмутском мейнфрейме с разделением времени компании General Electric, где в качестве терминала студенты использовали телетайп ASR-33. Язык сразу же приобрел популярность, поскольку студенты могли

В далеких 1960-х языков программирования было немного. Большинство машин программировалось на ассемблере, а доступные языки высокого уровня, такие, как FORTRAN, Algol, и даже LISP, были сложны для освоения. BASIC реально открыл многим дверь в мир компьютеров именно потому, что был прост в изучении.



Миникомпьютер DEC PDP-8.



Профессора Дартмутского колледжа Джон Кемени и Том Курц.

изучить его за рекордное время и быстро начинать создавать полезные программы.

Где же BASIC сегодня? Он не исчез, но стал не таким популярным, как когда-то. Теперь в программировании доминируют Си и его производные. Кроме того, веб-разработки привели к очень широкому распространению других языков, подобных Java. И сегодня молодое поколение двухтысячных, стремящееся получить навыки программирования, готово платить от \$10,000 до \$17,000 за 8-12 недель курсов программирования, на которых обучают языкам Python и Ruby on Rails.

В колледже меня учили языку FORTRAN. Позже я изучил машинные коды и ассемблер, чтобы программировать миникомпьютеры PDP-8 и PDP-11. Затем, когда в середине 1970-х появились первые доступные персональные компьютеры, главным языком стал BASIC. Microsoft начинала с BASIC, и быстро достигла успеха. Я запускал перфоленточную версию Microsoft BASIC с телетайпа ASR-33, подключенного к компьютеру IMSAI на основе микропроцессора 8080. Работал он прекрасно. BASIC загружался с перфосчитывателя со скоростью 10 символов в секунду.



Телетайп ASR-33.

Затем программа сохранялась на перфоленте с помощью перфоратора, имевшего скорость вывода, опять же, 10 символов в секунду. Тогда не было никаких ОС, поэтому BASIC был единственным путем к использованию компьютера, если, конечно, вы не хотели



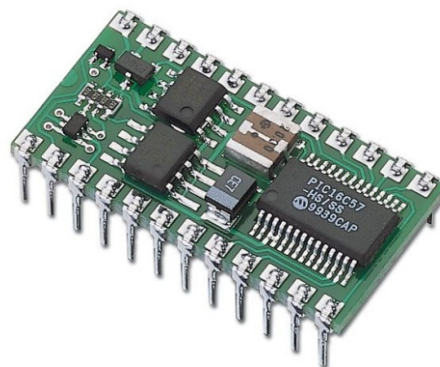
Компьютер IMSAI 8080.



8-разрядный компьютер Heathkit H8 (фото www.yesterpc.org).

писать в машинных кодах и щелкать переключателями на передней панели.

BASIC был основным софтом первых персональных компьютеров. Интерпретатор BASIC имелся в каждом компьютере – в Apple II, Commodore Pet, Radio Shack TRS-80, Sinclair и в большинстве других. В 1970-х я работал в Heathkit, где мы создавали компьютерные комплексы H8 и H11. Мы пытались получить Microsoft BASIC для своих компьютеров, но продавать его нам по приемлемой цене они отказались, поэтому мы разработали собственную версию, названную HBASIC. BASIC и Focal были у нас также и на DEC LSI-11, использовавшейся в H11.



Компьютер Parallax BASIC Stamp.

Было много различных версий BASIC, таких, как CBASIC и Tiny BASIC. Мне вспоминается программирование на QBASIC на первых IBM PC и использование интерпретатора BASIC, встроенного в микроконтроллер Intel 8052. Много позже над некоторыми любительскими проектами я работал на компьютере Parallax BASIC Stamp. В нем использовался простой интерпретатор BASIC на микроконтроллере PIC. Я вел начальный курс

Visual BASIC в то время, когда был еще профессорском звании. Я даже выучил сумасшедший язык LISP в период повального увлечения искусственным интеллектом в 1980-х годах.

До сих пор я успешно избегал использования Си. Я пытался изучать его, но в нем нет интуитивной понятности. Чтобы хорошо освоить этот язык, нужно много времени и опыта. Кроме того, недавно я пробовал производный язык популярных компьютеров Arduino, но быстро отказался от него в пользу BASIC Stamp. Если мне понадобится программировать микроконтроллер, я воспользуюсь

BASIC, если, конечно, он будет доступен, а в противном случае попробую писать на ассемблере. На уровне битов, я думаю, это лучший вариант.

Как бы то ни было, я все еще люблю BASIC и считаю, что он был основной движущей силой бизнеса персональных компьютеров. Сегодня вы встретите BASIC нечасто, но доступен он во многих формах и по-прежнему является идеальной отправной точкой для тех, кто интересуется компьютерами.

А мы все должны молча поблагодарить Кемени и Курца за BASIC и за поддержку компьютерной революции. **РЛ**

Генератор использует человеческое тело в качестве второго электрода зарядного устройства

Lisa Zyga

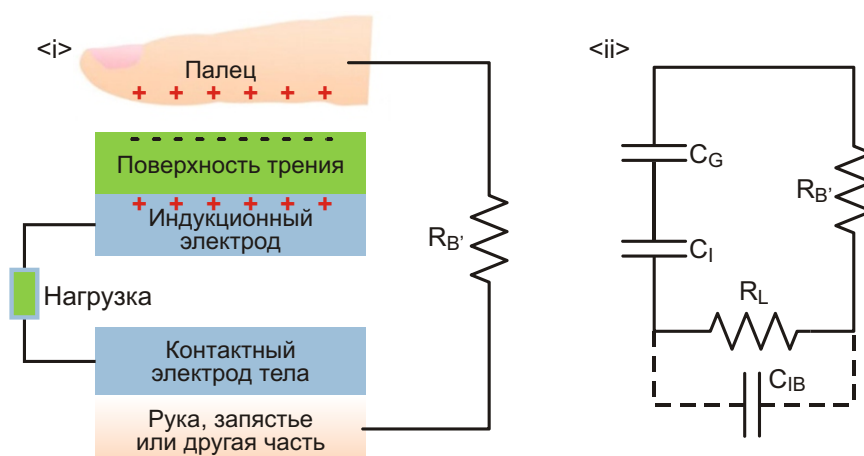
Phys.org

Общеизвестно, что человеческое тело хорошо проводит электрический ток, и теперь исследователи решили использовать этот факт, создав небольшой генератор для питания портативных устройств, одним из электродов которого служит тело. «Электрод на основе человеческого тела» теперь заменяет электрод «земли», использовавшийся в генераторе предыдущей версии, применять который с портативными устройствами было бы неудобно.

В недавнем выпуске в журнала *Applied Physics Letters* Бо Мэн (Bo Meng) и другие исследователи из Пекинского университета опубликовали статью «Генератор с электродом на основе человеческого тела».

«Теперь генератор гораздо лучше подходит для маломощных устройств, – говорит соавтор исследования, профессор Пекинского университета Хайся Чжан (Haixia Zhang), – Мы надеемся, что в ближайшем будущем нам удастся создать не его основе источник резервного питания для портативной электроники».

Полное название разработанного устройства выглядит так: «Трибоэлектрический генератор с односторонним трением», или «STEG» (single-friction-surface triboelectric generator). Некоторые материалы при трении друг о друга за счет трибоэлектрического эффекта приобретают электрический заряд. Наиболее хорошо известным проявлением



Механизм сбора энергии и эквивалентная схема STEG с человеческим телом и электродом. Когда палец касается поверхности трения, она отдает электроны, инициируя обмен электрическими зарядами между индукционным электродом и заряженной кожей. (Рисунок AIP Publishing LLC).

трибоэлектрического эффекта является статическое электричество. Такие действия, как нажатие на мобильный телефон, покрытый STEG, также могут приводить к появлению электрических зарядов. Затем STEG собирает эти заряды, которые можно использовать для питания маломощной электроники.

В процессе исследований ученые покрывали лицевую панель мобильного телефона прозрачным слоем композитного STEG-материала. Электрод, контактирующий с телом – с ладонью, или пальцами, и замыкавший электрическую цепь, располагался либо на обратной стороне аппарата, либо на его торцевой поверхности.

Исследователи демонстрировали, что похлопывание телефона ладонью руки или касание телефона пальцами приводило к обмену электронами между человеческой кожей и материалом STEG. В результате повторяющихся похлопываний и касаний электрический заряд перемещается между индукционным электродом и заряженной кожей.

Несмотря на то, что трибоэлектрический эффект хорошо изучен, разработка генератора с хорошими характеристиками является сложной задачей. Довольно удивительно, что после того, как исследователи заменили заземленный электрод STEG человеческим телом, количество заряда, переносимого STEG, и электрический ток увеличились.

После таких усовершенствований STEG приобретает потенциал использования в маломощной портативной электронике и носимых устройствах, включая имплантируемые медицинские устройства и датчики. В будущем ученые рассчитывают еще больше улучшить характеристики STEG.

«Мы прилагаем усилия к тому, чтобы увеличить отдачу устройств STEG, стараясь использовать новые материалы и методы изготовления, – сказал Чжан. – Мы также постараемся полнее использовать преимущества человеческого тела как хорошего проводника для создания нескольких новых устройств на трибоэлектрических генераторах». **РЛ**

Автомобильный датчик тока положительной шины питания на дискретных компонентах

Larry Beaty, Beatys Mills

EDN

Эта конструкция родилась оттого, что в свое время я не имел доступа к тем замечательным современным микросхемам, которые были специально разработаны для считывания напряжения с токовых датчиков. Мне необходимо было создать аналог такой микросхемы, максимально простой, но не менее точный. По-моему, поучившаяся

схема вполне справляется со своей задачей.

Первый усилитель тока на транзисторе Q_2 имеет усиление 6.2 (Рисунок 1). На Q_1 собран усилитель термокомпенсации, управляемый микросхемой IC_{1B} и поддерживающий напряжение коллектора Q_1 на постоянном уровне,

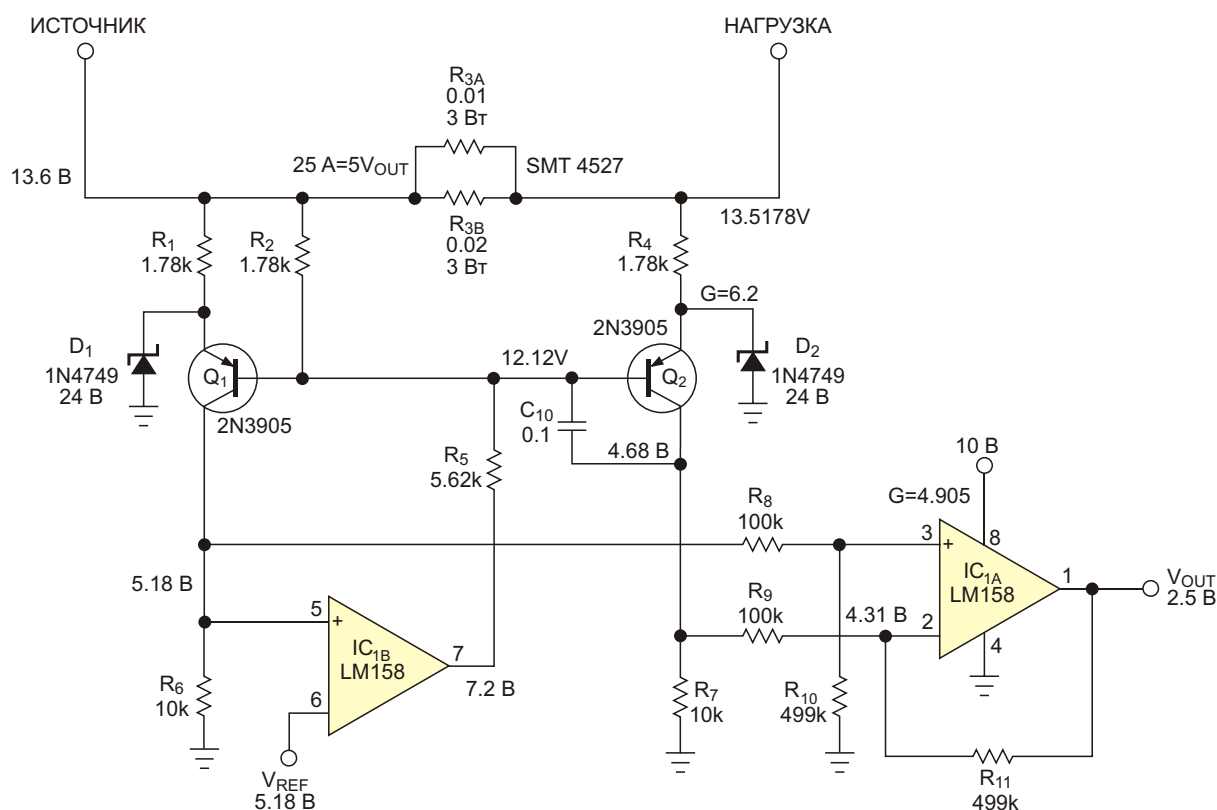


Рисунок 1. Q_1 и Q_2 преобразуют падение напряжения на токоизмерительном резисторе R_3 в синфазное напряжение, согласованное со входными уровнями АЦП микроконтроллеров.

независимо от температуры схемы. В качестве опорного напряжения схемы используется напряжение источника питания системы 5 В. Указанные на схеме напряжения были измерены в реальном устройстве.

IC_{1A} усиливает разность напряжений на коллекторах транзисторов Q₁ и Q₂. Коэффициент усиления ОУ этого равен 4.9.

R3 образован двумя резисторами для поверхностного монтажа, установленными друг на друга. При выходном напряжении 5 В максимальный ток, измеряемый схемой, равен 25 А.

Два стабилитрона защищают схему от бросков напряжения бортовой сети автомобиля. Как известно, пики напряжения в ней могут достигать 90 В.

Если схема спровоцировала вас на критические замечания, выберите номиналы R₆ и R₇ с минимальным разбросом. Если и это сочтете недостаточным, согласуйте R₁ и R₄. Я ничего такого не делал, но работа схемы меня вполне удовлетворяет. В конструкции использованы резисторы для поверхностного монтажа. За исключением R₃, все имеют типоразмер 0805 и допуск 1%.

Не забудьте подобрать для вашей печатной платы стеклотекстолит с фольгой достаточной толщины и сделать широкую токопроводящую дорожку, а для R₃ предусмотреть двухпроводное подключение по схеме Кельвина. При максимальном токе 25 А эта схема нагревается очень незначительно. **РЛ**

Сделайте USB-адаптер с функционалом GPS

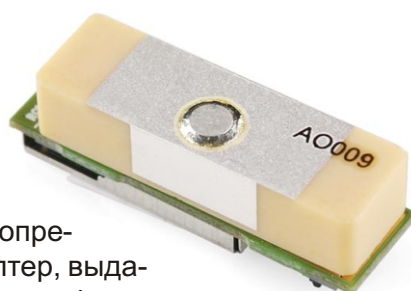
Lee Ee, FTDI Chip

Electronic Design

Используя модуль GPS и несколько стандартных микросхем, вы можете сделать USB-адаптер, добавляющий к компьютеру с ОС Windows функциональность GPS, и получить возможность определения своих координат. Адаптер, выдающий данные в стандартном формате NMEA0183, может быть размещен в небольшом корпусе размером 60 20.3 12.3 мм, и работать под управлением легко доступных бесплатных драйверов, образуя законченную систему геопозиционирования.

Начиная с Windows 7 платформа Windows Sensor and Location стала неотъемлемой частью большинства широко используемых операционных систем последних поколений. Платформа позволяет, как самому компьютеру, так и различным используемым на нем приложениям, адаптироваться к текущей среде. С помощью датчиков местоположения (таких, как приемники GPS) вычислительное оборудование может точно определить, где оно находится, чтобы обеспечивать доступ к соответствующим функциям и контенту.

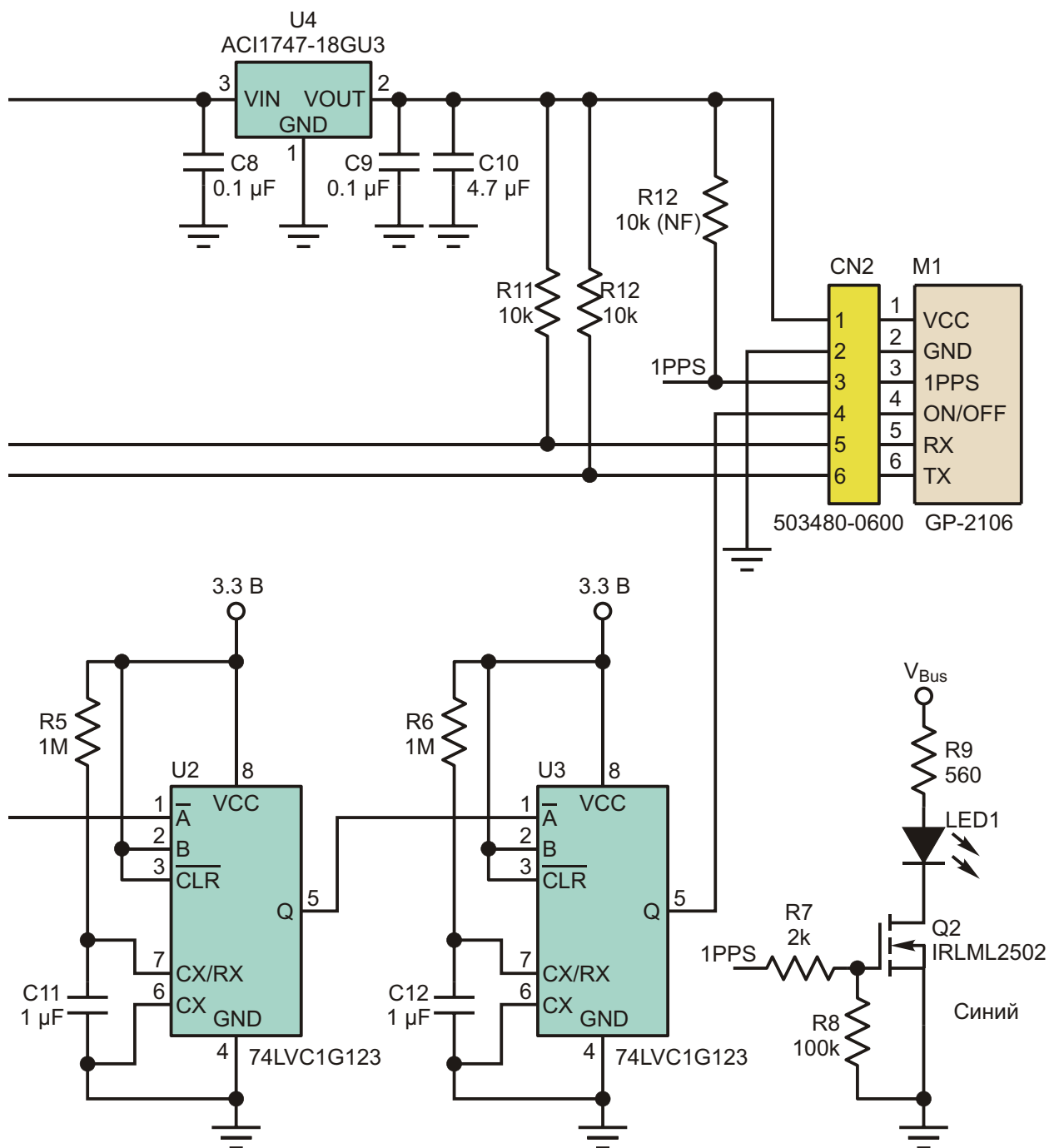
Описана схема адаптера, которую можно подключить к такому устройству и реализовать всевозможные сервисы, основанные на знании его положения (Рисунок 1). Показано, как с помощью микросхемы моста UART – USB, подобной FT230XQ компании FTDI Chip, можно подключить приемник GPS и создать датчик местоположения с интерфейсом USB. В качестве приемника здесь был использован малогабаритный GPS-модуль GP-2106 с встроенной антенной.



FT230XQ поддерживает полноскоростной режим USB 2.0, манипулируя данными на скоростях до 3 Мбит/с. Поддержка протокола USB реализована в микросхеме, поэтому разработки какого-либо специального ПО не потребуется. 48-канальный модуль GP-2106 отличается очень скромным потреблением энергии. Данные о местоположении он выдает в формате NMEA0183 v.3.01.

Схемная реализация устройства проста. Модуль GP-2106 (M1) принимает и формирует данные для вычисления местоположения, а микросхема FT230XQ (U1) выполняет преобразование UART – USB. Выход TXD микросхемы FT230XQ подключен к входу RXD GPS-приемника GP-2106. Вход RXD микросхемы FT230XQ подключен к выходу TXD модуля GP-2106. Эти подключения образуют простую и надежную линию связи между GPS-приемником адаптера и USB портом вычислительной системы. Линии RTS# и CTS# микросхемы FT230XQ соединены, чтобы запретить аппаратный контроль потока данных.

Для того чтобы правильно запустить приемник GPS, после включения питания на его вывод 4 необходимо подать импульс ON. Чтобы аккуратно выполнить это требование, используются ждущие мультивибраторы 74LVC1G123. Первый мультивибратор (U2) формирует задержку, необходимую FT230XQ для преобразования USB-сигналов хост контроллера и включения питания приемника



USB-UART FT230XQ.

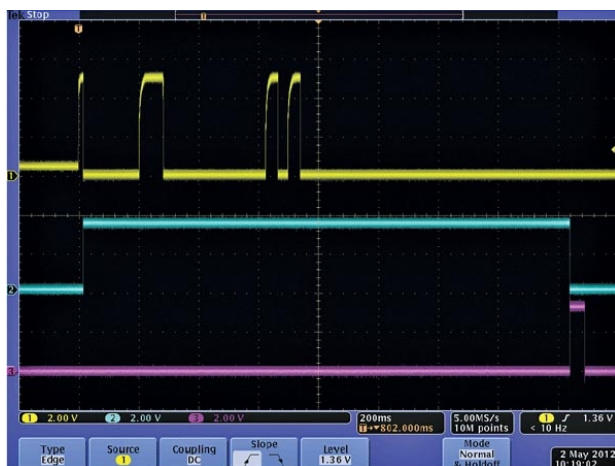


Рисунок 2. Желтая осциллограмма (Канал 1) отображает сигнал на выводе 12 микросхемы U1, сконфигурированном как выход сигнала PWREN#, включающего GPS приемник. Синяя осциллограмма (Канал 2) соответствует выходу Q мультивибратора U2. Выход Q микросхемы U3 представлен фиолетовой осциллограммой (Канал 3).

GPS. Второй мультивибратор (U3) вырабатывает импульс ON, запускающий работу чипсета внутри модуля GPS приемника (Рисунок 2).

Вывод PWREN# переключается в «0» во время преобразования формата USB и оста-

ется на таком уровне до завершения этого процесса в микросхеме U1, не позволяя хост-компьютеру перейти в режим сна. Низкий логический уровень на этом выводе также открывает MOSFET Q1, подключая напряжение VBUS (+5 В) к входу стабилизатора U4, понижающего напряжение до 1.8 В, необходимых для питания GPS приемника.

Как только уровень сигнала PWREN# опускается, запускается мультивибратор U2, на выходе которого начинает формироваться положительный импульс. Спустя примерно 1.6 с выход U2 возвращается в «0». Этот перепад напряжения, в свою очередь, запускает мультивибратор U3, генерирующий импульс ON для входа ON/OFF GPS-приемника. На печатную плату адаптера был установлен синий светодиод индикации статуса (LED1). Светодиод будет мигать один раз в секунду, когда приемник получит координаты GPS. Светодиодом через MOSFET Q2 управляет выход 1PPS (1-pulse-per-second – один импульс в секунду) приемника GPS. Чтобы использовать адаптер в качестве датчика местоположения, необходимо установить специальный драйвер, бесплатно скачав его в сети Интернет. Безусловное предпочтение автор отдает драйверу, который можно загрузить на сайте TurboIRC.com. **РЛ**

Миниатюрный драйвер улучшает характеристики обратноходового преобразователя

Wei Gu

LT Journal

В сильноточных обратноходовых преобразователях уровни токов ограничены количеством тепла, выделяемого выходным выпрямительным диодом. Очевидным способом обхода этого ограничения является замена диода МОП-транзистором, имеющим намного более низкое падение напряжения, благодаря чему можно значительно сократить потери энергии, увеличить выходные токи и КПД, а также упростить тепловую конструкцию устройства. Микросхема LT8309 представляет собой синхронный драйвер MOSFET вторичной стороны, имитирующий поведение выходного диода посредством измерения напряжения сток-исток МОП-транзистора и определения моментов его включения или выключения. Такая комбинация микросхемы и транзистора позволяет заменить менее эффективный выпрямительный диод.



Для создания высококачественных изолированных источников питания из минимального количества компонентов LT8309 можно сочетать с любой микросхемой управления обратноходовым преобразователем, рассчитанной на работу в режиме критической проводимости без использования оптоизоляторов, например, с контроллером первичной стороны LT3748.

Изолированный источник питания 5 В, 8 А

На Рисунке 1 показан низковольтный сильноточный источник питания, содержащий очень мало компонентов. Традиционный выходной диод здесь заменен идеальным диодом, состоящим из микросхемы LT8309, MOSFET и нескольких внешних элементов.

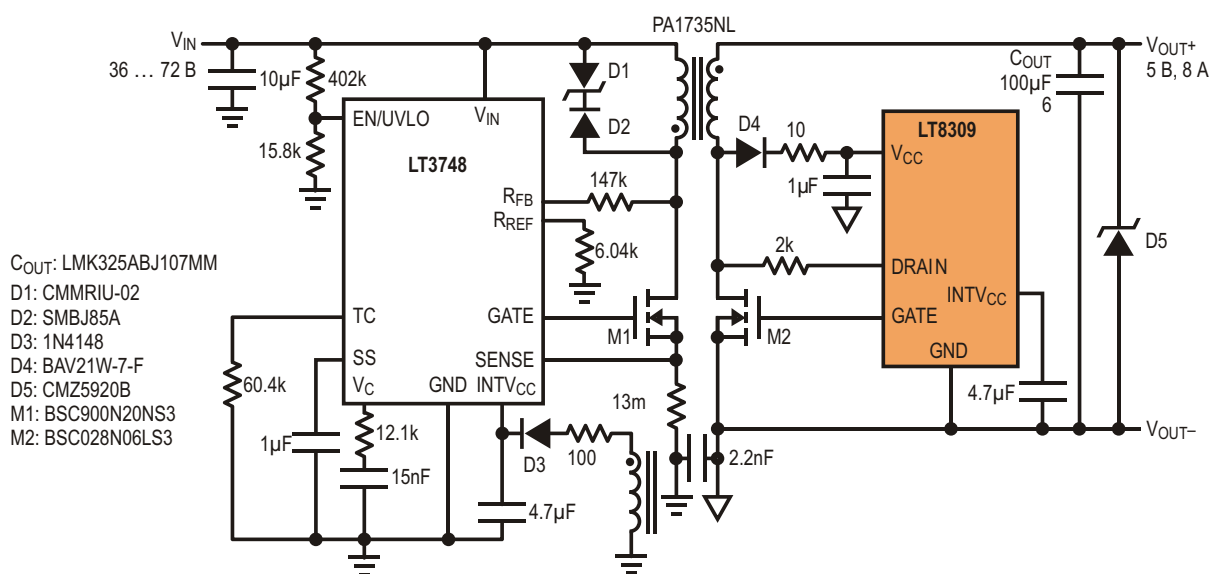


Рисунок 1. Низковольтный сильноточный обратноходовой преобразователь.

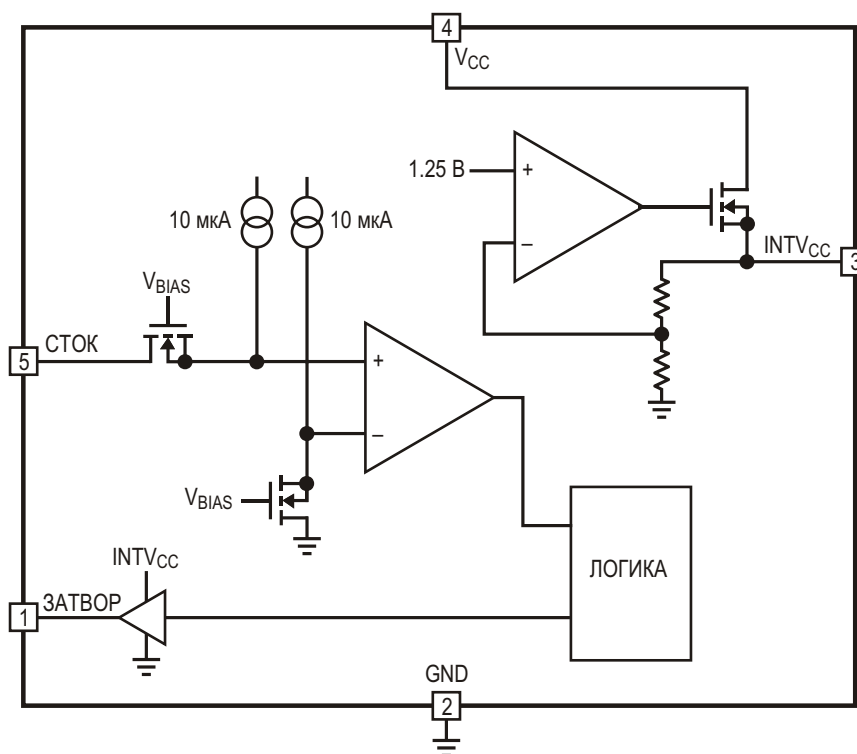


Рисунок 2. Функциональная схема LT8309.

Для того чтобы MOSFET мог выполнять функцию диода, он должен включаться сразу, как только начинает проводить ток внутренний диод, и немедленно выключаться, когда его ток уменьшается до нуля. Практически мгновенное управление транзистором обеспечивается содержащимся в микросхеме LT8309 быстродействующим компаратором (Рисунок 2). Еще один компаратор, отслеживая напряжение на стоке MOSFET, контролирует протекающий через него ток. Когда внутренний диод начинает открываться, напряжение стока падает ниже уровня «земли», компаратор срабатывает и включает MOSFET. Выдержав минимальную паузу после включения, LT8309 переходит в режим ожидания момента, когда напряжение стока достигнет пороговой величины, при которой MOSFET должен быть выключен. Порог выключения можно изменять с помощью внешнего резистора, соединяющего вывод СТОК микросхемы и сток MOSFET. Рассчитанный на допустимое напряжение до 150 В вывод СТОК расширяет область использования LT8309.

Внутренний LDO стабилизатор микросхемы LT8309 вырабатывает на выводе INTVCC напряжение 7 В для управления затвором MOSFET. Энергичное управление затвором посредством внутреннего драйвера с сопротивлением нижнего плеча не более 1 Ом

уменьшает время включения и выключения MOSFET, способствуя повышению эффективности схемы.

На Рисунке 3 сопоставляются зависимости КПД от тока нагрузки для двух вариантов конструкции выпрямителя. Как видно из сравнения Рисунков 4 и 5, температура печатной платы с микросхемой LT8309 за счет более высокого КПД намного ниже, чем платы с диодом.

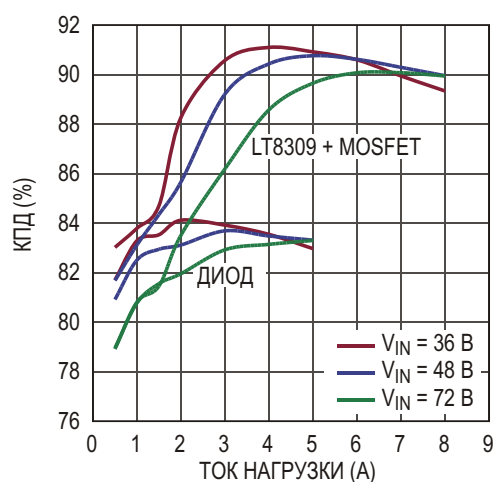


Рисунок 3. Сравнение КПД обратноходовых преобразователей, использующих на вторичной стороне микросхему LT8309 и традиционный диодный выпрямитель.



Рисунок 4. Тепловое изображение преобразователя 5 В/5 А с выходным диодом PDS760.

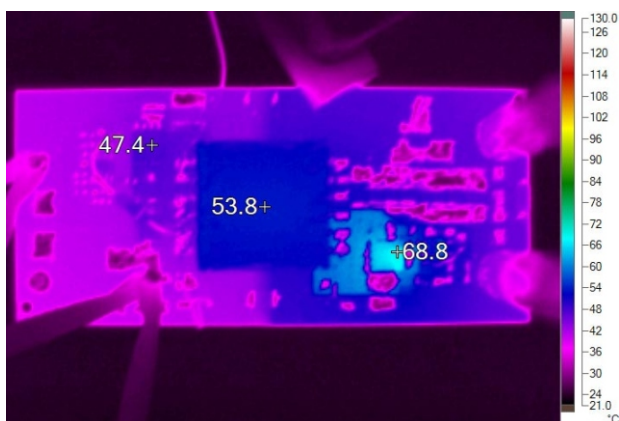


Рисунок 5. Как легко увидеть, тепловое изображение преобразователя 5 В/5 А с микросхемой LT8309 указывает на существенно меньшее тепловыделение.

На вывод V_{CC} LT8309 допускается подавать напряжение до 40 В, что позволяет питать микросхему либо выходным напряжением, либо выпрямленным напряжением со стока MOSFET. Если короткое замыкание нагрузки произойдет, когда вывод V_{CC} соединен с выходом обратноходового преобразователя, LT8309 отключится, и весь ток потечет через внутренний диод MOSFET. Это предъявляет дополнительные требования к управлению тепловым режимом MOSFET. Если же V_{CC} подключить к напряжению стока MOSFET, как это показано на Рисунке 1, напряжение на V_{CC} при коротком замыкании будет равно V_{IN}/N , что позволит LT8309 работать и в аварийном режиме. При этом ток короткого замыкания течет через MOSFET, а не через внутренний диод.

Закключение

LT8309 является простым в использовании драйвером вторичной стороны обратноходового преобразователя, выпускаемым в компактном корпусе SOT-23. Комбинация LT8309 с одной из выпускаемых Linear technology микросхем управления обратноходовым преобразователем, работающей в режиме критической проводимости и не использующей оптоизоляторов, при минимальном количестве дополнительных компонентов обеспечивает высокий КПД и большой выходной ток источника питания. **РЛ**

Микроконтроллер решает сложные полиномиальные уравнения

Ricardo Jimenez u Roberto Solorio

Electronic Design

С помощью выполняющейся за короткое время программы и простой схемы микроконтроллер PIC может линеаризовать характеристику термистора, чтобы точно измерить температуру и отобразить результат на дисплее.

Измеряя температуру с помощью термистора, вы сталкиваетесь с проблемой линеаризации его отклика, необходимой для получения результатов требуемой точности. Одним из лучших методов линеаризации термистора является использование полино-

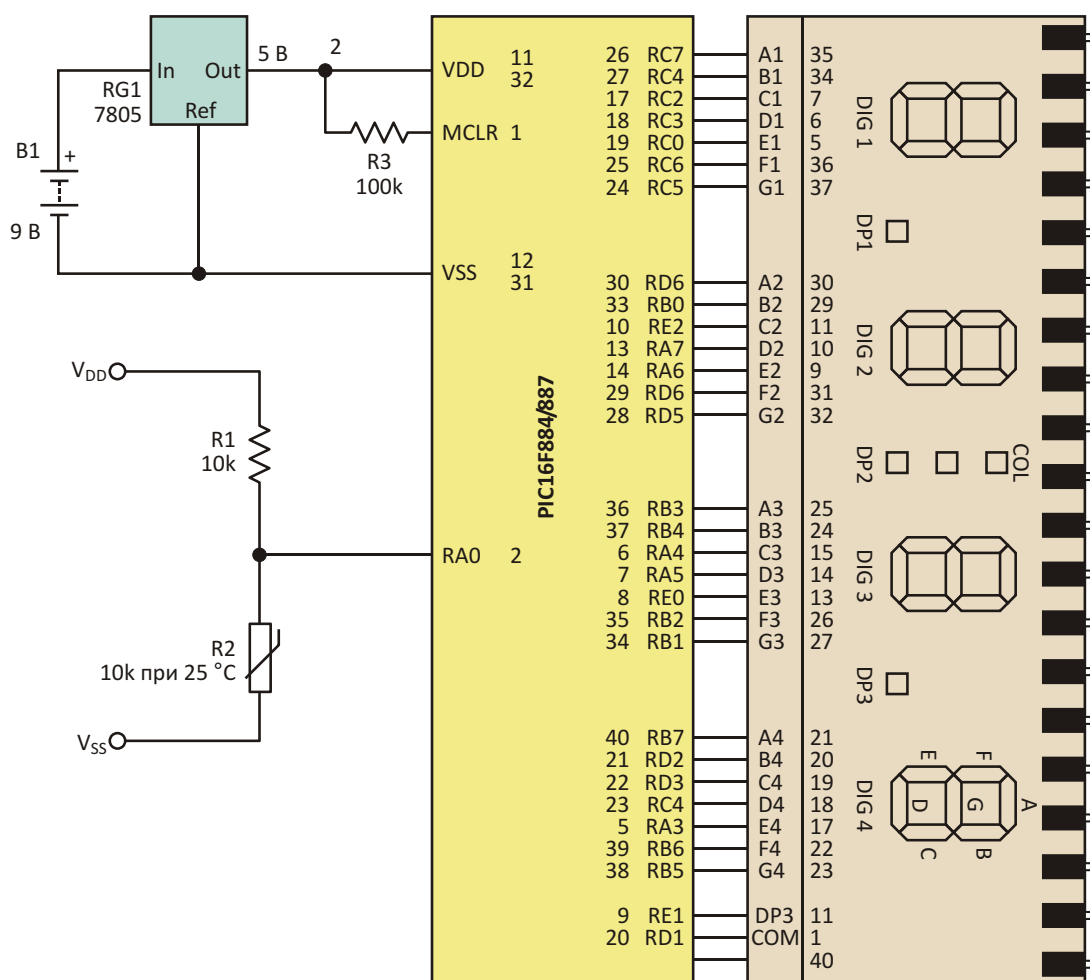


Рисунок 1. В этой простой схеме высокоточного термометра используется микроконтроллер PIC16F887 и ЖК индикатор.

миального уравнения Стейнхарта-Харта, дающего ошибку в 0.1 °С. Описываемая ниже конструкция рассчитана на диапазон температур от 0 °С до 100 °С.

Для того чтобы составить уравнение, потребуются три коэффициента термистора – А, В и С. Если изготовитель не предоставил такую информацию, вы можете найти коэффициенты, решив уравнения Стейнхарта-Харта (1...3) для трех различных температурных точек. В нашей схеме микроконтроллер PIC с необходимой точностью решает эти уравнения за 40 мс (Рисунок 1).

Для иллюстрации воспользуемся термистором LM103 с отрицательным температурным коэффициентом (NTC), сопротивление которого при трех различных температурах имеет значения, показанные в Таблице 1.

Таблица 1. Сопротивление термистора	
Температура (°С)	Сопротивление (кОм)
2.7	23
27.5	8.8
66	2.7

Полученная в этих трех измерениях температура преобразовывается в градусы Кельвина и подставляется в три уравнения Стейнхарта-Харта:

$$T_1 \frac{1}{A + B \ln(R_1) + C \ln(R_1)^3} \quad (1)$$

$$T_2 \frac{1}{A + B \ln(R_2) + C \ln(R_2)^3} \quad (2)$$

$$T_3 \frac{1}{A + B \ln(R_3) + C \ln(R_3)^3} \quad (3)$$

Решая эту систему из трех уравнений, получаем коэффициенты А, В и С (Таблица 2).

Таблица 2. Коэффициенты термистора	
Коэффициент	Значение
A	2.501×10^{-4}
B	3.505×10^{-4}
C	-1.415×10^{-7}

Подставляя найденные коэффициенты в уравнение Стейнхарта-Харта, получаем выражение для термистора:

$$T_t \frac{1}{2.501 \cdot 10^{-4} + 3.505 \cdot 10^{-4} \ln(R_t) - 1.415 \cdot 10^{-7} \ln(R_t)^3} \quad (4)$$

или

$$T_t \frac{10 \cdot 10^6}{(2501 + 3505 \ln(R_t) - 1.415 \ln(R_t)^3) / 10} \quad (5)$$

Задача микроконтроллера PIC16F887 заключается в том, чтобы, используя Уравнение 4, получить истинные показания температуры. Для этого потребуется 1227 слов памяти микроконтроллера. Вывод AN0 объявлен аналоговым входом, а остальные линии порта – цифровыми входами. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) сконфигурирован для 10-битного разрешения с временем выборки 50 мкс.

Напряжение термистора в двоичном формате заносится в переменную **volt** инструкцией **ADCIN 0, volt**. Затем для преобразования в двоично-десятичную форму это значение умножается на 48,828 и сохраняется в переменной **v1**. Чтобы из **v1** получить отдельные десятичные цифры, каждая из

них с помощью команд **DIG3**, **DIG2** и **DIG1** записывается в переменные **dig3**, **dig2** и **dig**, соответственно.

Исходный код программы термометра доступен для скачивания в разделе Загрузки. В программе объявляются и обрабатываются следующие переменные: **B**, **A**, **C**, **L**, **volt**, **v1**, **v2**, **pattern**, **pattern2**, **pattern3**, **I**, **digit3**, **digit2** и **digit**. Кроме того, в процессе преобразования двоичного кода в двоично-десятичный используются переменные **conv1** и **conv2**. В них содержатся младшие биты результата преобразования 10-разрядного АЦП, значение которых равно 4.8828 мВ.

Алгоритм, разработанный для получения показаний температуры на основе уравнения

Стейнхарта-Харта, требует выполнения нескольких шагов.

Прежде всего, вычисляется напряжение источника питания (**v1**), равное 48828 **volt2**. Переменная **volt2** считывается с помощью АЦП микроконтроллера. Если напряжение источника соответствует требуемому значению, то **volt2** = %111111111, и тогда **v1** = 49,951,044. Далее с помощью инструкции **DIV32** переменная **volt2** делится на 10,000, давая в результате величину 4995, приблизительно соответствующую напряжению источника питания 5 В.

На втором этапе вычисляется падение напряжения на термисторе. При этом полностью повторяются все действия первого шага, за исключением того, что теперь используется другой канал АЦП. Предположим, мы имеем в АЦП результат считывания напряжения 2.5 В (код АЦП равен 1000000000). После выполнения описанных в предыдущем абзаце манипуляций, получаем число 24,999,936, которое делится на 10 инструкцией **DIV32** для получения результата 2499, примерно соответствующего напряжению 2.500 В.

Третьим шагом находим величину сопротивления с помощью следующей формулы:

$$R_2 = \frac{R_1}{E} \frac{v_2}{v_1}. \quad (6)$$

Для этого мы запоминаем в переменной **dif** напряжение источника питания за вычетом напряжения термистора. А затем умножаем напряжение термистора на фиксированное сопротивление 10 кОм, и с помощью **DIV32** делим последнее произведение на **dif**, получая величину сопротивления термистора.

На четвертом шаге, используя Уравнения (7...9), вычисляем логарифм по основанию 2 от сопротивления термистора:

$$M_1 = \frac{M}{2^{a_0}}, \quad (7)$$

$$M_2 = \frac{M}{2^{a_1}}, \quad (8)$$

$$M_3 = \frac{M}{2^{a_2}}, \quad (9)$$

где a_0 , a_1 и a_2 – последовательные цифры двоичной мантиссы.

Затем с помощью функции **NCD** мы находим параметр a_0 , или целую часть логарифма, представляющую старший значащий бит числа (MSB). Декрементировав его на 1, получим двоичный логарифм параметра. Например, мы хотим использовать четыре значащих цифры двоичного логарифма 47, равно 5.554. $NCD(47) = 6$, где 47 в двоичном представлении записывается как 00101111, и MSB находится в шестой позиции справа. Если декрементировать его на 1, получим число 5, являющееся целой частью логарифма.

Для завершения вычисления логарифма необходимо найти его мантиссу (дробную часть). Для этого потребуется результат последовательных делений **w** на 2. Однако выполнить такую операцию напрямую невозможно, так как в результате деления 47 на 2 получается 23.5, и мы потеряем дробную часть. (PIC Basic Pro не работает с дробными). По этой причине для нахождения мантиссы мы используем специальную подпрограмму, выполняющую следующую последовательность действий:

$$\begin{aligned} 47/2 &= 23.5, \\ 23.5/2 &= 11.75, \\ 11.75/2 &= 5.875, \\ 5.875/2 &= 2.9375, \\ 2.9375/2 &= 1.46875. \end{aligned}$$

При делении $47/2 = 23$ с остатком 1, эта «1» появляется в результате первой операции деления из пяти, которые потребуются выполнить. Соответственно, дробь $1/2^5 = 0.03125$. Работать с дробными мы не можем, поэтому вместо того, чтобы делить 1 на 2^n , мы берем число 10,000 в качестве числителя и вызываем подпрограмму, вычисляющую знаменатель в зависимости от номера операции деления, в которой появляется остаток 1.

Затем мы суммируем результаты всех делений. Продолжая приведенный ниже пример, мы должны выполнить для этого следующие пять шагов:

- $47/2 = 23$ с остатком 1 – это первая операция деления из пяти: $10,000/2^5 = 312.5 = 312$;
- $23/2 = 11$ с остатком 1 – это вторая операция деления из пяти: $10,000/2^4 = 625$

- $11/2 = 5$ с остатком 1: $10,000/2^3 = 1250$;
- $5/2 = 2$ с остатком 1: $10,000/2^2 = 2500$;
- $2/2 = 1$ с остатком 0: прибавлять нечего.

В данном случае переменная **ja** равна 4687, и теперь только остается инкрементировать ее на 1. Поэтому мы делим **ja** на 1000, а затем складываем с 1000. Таким образом, **ja** = 1468, давая нам приблизительно упоминавшуюся выше исходную величину, умноженную на 1000 с четырьмя значащими цифрами.

Определив все М, мы должны найти мантиссу, используя описанные ранее процедуры. Деление на 2^{an} не представляет сложности, поскольку работаем мы в двоичном базисе, и деление выполняется на 2^0 или 2^1 . Возводя в квадрат, мы должны подумать, куда поместим произведение M_a на M_a , а затем разделить его на 1000, поскольку результат выходит за пределы 16 бит.

После того, как этот процесс будет выполнен необходимое число раз, мы должны привести ап к десятичному основанию. Для этого последовательно умножаем его на соответствующие весовые коэффициенты 5, 25, 125, и т.д. И, поскольку работать с дробями мы не можем, умножаем еще на 5000, 2500, и так далее.

И, наконец, мы суммируем все члены мантиссы в десятичной форме, а затем делим сумму на 10. Далее прибавляем a_0 1000 и записываем результат в переменную **12**, в которой теперь будет храниться значение двоичного логарифма сопротивления тер-

мистора. На последнем шаге вычислим натуральный логарифм, который будет использован в уравнении. База логарифма изменяется следующим образом:

$$\log_2 x (\ln 2) \ln x.$$

Поскольку $\ln(2) = 0.6931$, нам достаточно просто умножить **12** на 6931, а затем, используя команду **DIV32**, разделить это число на 10,000 и сохранить результат в переменной **lm**, которая будет содержать натуральный логарифм сопротивления резистора, умноженный на 1000.

Для управления общим выводом ЖКИ в цикле **for-next** на вывод RD1 выводится «1» (Рисунок 2).

Затем вызывается подпрограмма **D**, преобразующая двоично-десятичные данные в коды 7-сегментного индикатора. Функция **LOOKUP** конвертирует двоично-десятичное число **digit3** в 7-сегментный формат, сохраняемый в **pattern3**. После чего для синхронизации с ЖКИ выполняется операция «исключающее ИЛИ» над **pattern3** и значением RD1, хранящемся в виде байта в переменной **L**.

Этот процесс повторяется для двух оставшихся цифр, во время дополнительной 10-миллисекундной паузы. Затем RD1 выключается, а его состояние сохраняется в байтовой переменной **L**. Вновь вызывает-

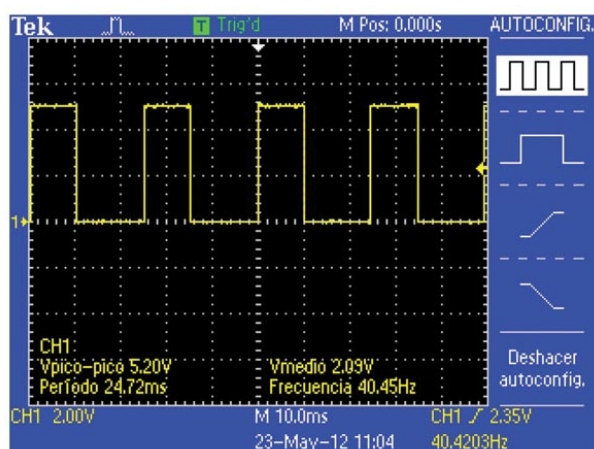


Рисунок 2. Подаваемый с вывода RD1 на общий вход ЖКИ сигнал частотой 40 Гц управляет регенерацией дисплея.

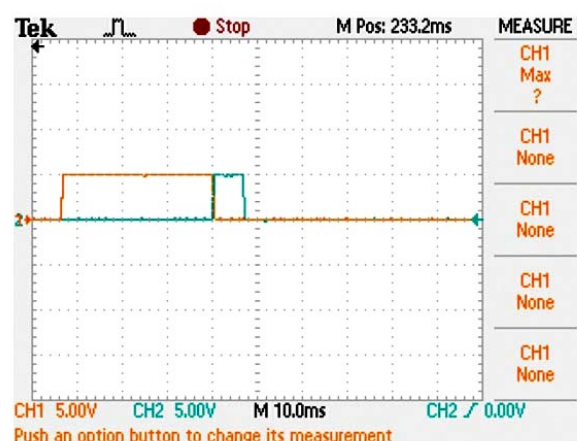


Рисунок 3. Оранжевая осциллограмма соответствует интервалу времени 33 мс, в течение которого выполняется вычисление логарифма. Еще 7 мс (синяя осциллограмма) требуются для получения достоверного отсчета. Таким образом, общее время обработки данных составляет 40 мс.

ся подпрограмма **D**, и синхровыход RD1 вновь активизируется на следующие 10 мс. После каждого выполнения функции **LOOKUP** каждому выводу индикатора соответствует вывод порта, управляющий определенным сегментом ЖКИ. Общее время

обработки данных составляет 40 мс (Рисунок 3). **РЛ**

Ссылки

1. Computing Logarithms Digit-by-Digit, Mayer Goldberg, BRICS RS-04-17. ISSN: 0909-0878

Загрузки

Исходный код программы термометра для микроконтроллера PIC16F887



Сделайте собственный программируемый широкополосный полосовой RC фильтр

John Ambrose u Van Vane, Mixed Signal Integration

Electronic Design

Во многих приложениях, таких например, как коммуникационные и измерительные устройства, используются широкополосные полосовые фильтры. В типичном случае для них требуются прецизионные резисторы и конденсаторы, без которых невозможно добиться точной настройки характеристик фильтров.

Фильтры на переключаемых конденсаторах не нуждаются в высокоточных компонентах, но требуют синхронизации от микроконтроллера для установки центральной частоты. При ограниченном количестве выходов и таймеров у распространенных дешевых микроконтроллеров их ресурсов для реализации функции фильтра может оказаться недостаточно.

Альтернативой может быть использование фильтра с встроенным генератором, такого, например, как MSELP – эллиптический фильтр нижних частот пятого порядка, выпускаемый компанией Mixed Signal Integration

(Рисунок 1). Аналогичная, но потребляющая больший ток (5 мА) микросхема еще недавно предлагалась компанией Texas Instruments под названием LMF60, унаследованном от компании National Semiconductor.

Ресурсов этой микросхемы, имеющей вывод выбора соотношения частоты генератора к частоте среза 50:1/100:1 и два неподключенных операционных усилителя, достаточно для построения как антиалиазингового, так и восстанавливающего фильтров. Кроме того, выход тактовой частоты микросхемы MSELP может использоваться для синхронизации второго фильтра верхних частот (U1) на переключаемых конденсаторах. При отношении частоты генератора к частоте среза равном 1000:1, 6-полюсный режекторный/ВЧ фильтр MSHN6 ограничивает декаду между частотами среза полосового фильтра.

На Рисунке 2 изображена схема полосового фильтра с частотами среза 330 Гц и 3.3 кГц, предназначенного для радио или телефонии стандарта FRS (Family Radio Service). Радиосистемы FRS представляют собой дешевые маломощные устройства, обеспечивающие прямую голосовую двухточечную связь без использования промежуточных базовых станций или управляющих узлов. Они особенно полезны в отдаленных районах, находящихся вне зоны покрытия сотовой связи.

Частоты среза восстанавливающего и антиалиазингового фильтров установлены равными приблизительно 50 кГц. В схеме использованы оба фильтра. Содержащийся в MSELP отдельный операционный усилитель имеет инвертирующий и неинвертирующий

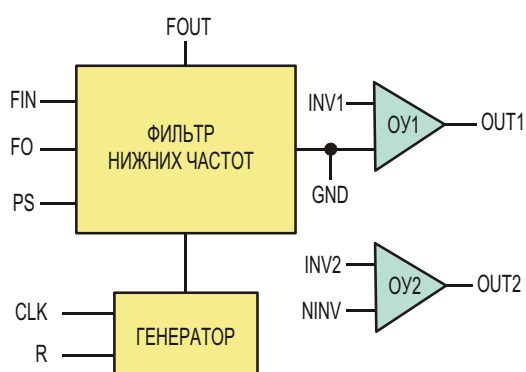


Рисунок 1. Блок-схема фильтра MSELP.

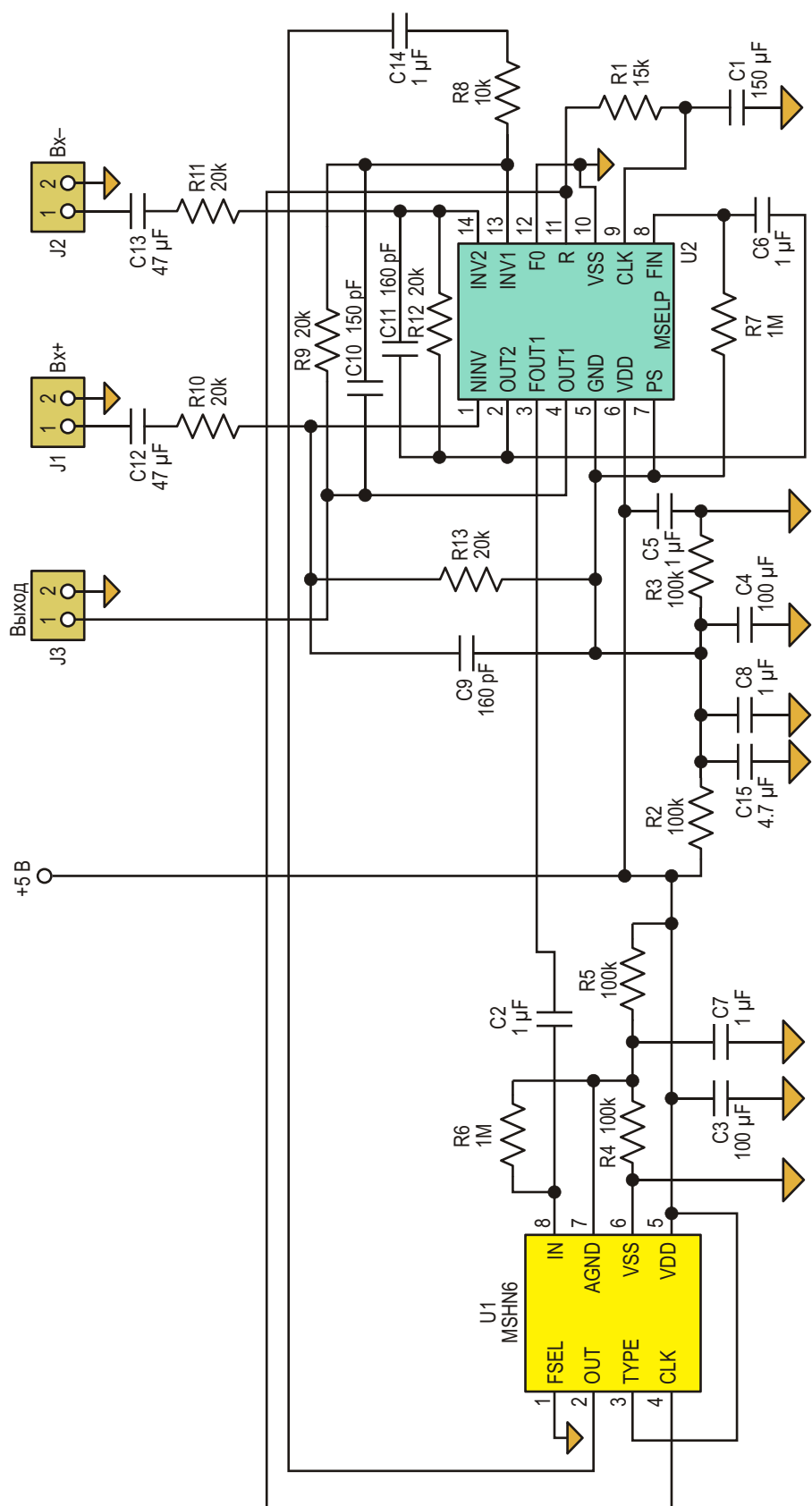
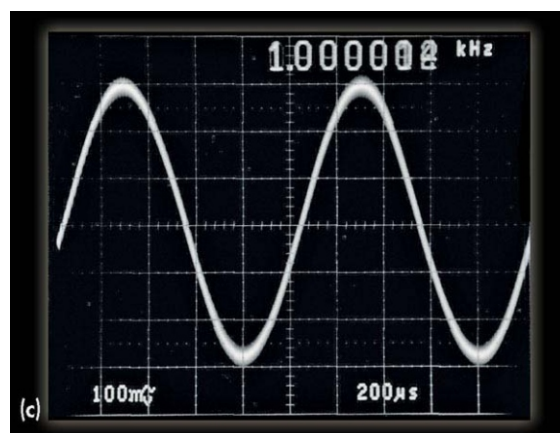
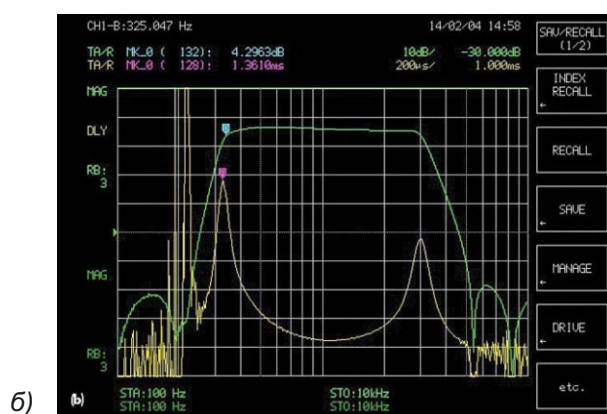
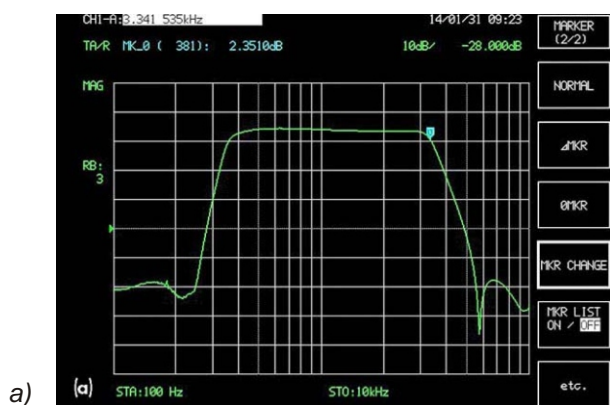


Рисунок 2. Эта схема реализует оптимизированный для приложений FRS широкополосный полюс-зольный фильтр с отношением частот среза 10:1.



в)

входы, служащие входами программируемого фильтра. Наименьшее напряжение питания микросхем MSHN6 и MSELP равно 2.7 В. Схема потребляет ток менее 1 мА. Элементами R1 и C1 устанавливается частота генератора. При питании схемы напряжением 5 В эта частота будет равна

$$F_{\text{Clock}} = \frac{1}{1.42 R C}$$

Для того чтобы задать частоту генератора равной 312 кГц, необходимо выбрать R1 = 15 кОм и C1 = 150 пФ. (Соответственно, частоты среза будут равны 3.12 кГц для фильтра нижних частот и 312 Гц для фильтра верхних частот).

Показанный на Рисунке 3а скриншот экрана анализатора цепей соответствует сквозной частотной характеристике антиалайзингового фильтра, двух фильтров на переключаемых конденсаторах и восстанавливающего фильтра. Рисунок 3б отображает частотную зависимость амплитуды и групповой задержки. Заметим, что характер зависимости групповой задержки не позволяет использовать этот фильтр в телекоммуникационных

Рисунок 3. Сквозная частотная характеристика антиалайзингового фильтра, двух фильтров на переключаемых конденсаторах и восстанавливающего фильтра (а); частотная зависимость амплитуды (зеленая кривая) и групповой задержки (желтая кривая) (б) и восстановленный во временной области сигнал частотой 1 кГц (в).

приложениях, но вполне подходит для радио и телефонии. На Рисунке 3в представлен восстановленный во временной области сигнал частотой 1 кГц. Как видим, проникновение частоты генератора через восстанавливающий фильтр весьма незначительно. **РЛ**



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

- ▶ **автоматизация**
- ▶ **автоэлектроника**
- ▶ **аккумуляторы и зарядные устройства**

Если Вам небезразличны эти темы
или Вы являетесь носителем
передовых знаний в других
областях электроники и готовы их
популяризировать -

приглашаем к сотрудничеству!