

Сравнение различных процедур
проверки воздействия
электростатического разряда

История ARM: с конца 20 века до наших дней

Прецизионная адаптивная система сбора
аналоговых данных с интерфейсом USB

Как получить высокое выходное напряжение с
помощью низковольтного преобразователя

IBM научилась хранить один бит данных всего
на 12 атомах

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Январь 2012

Оформление бесплатной подписки: www.rlocman.ru/magazine

ОГЛАВЛЕНИЕ

НОВОСТИ

Tobii Gaze позволит управлять Windows 8 с помощью взгляда

5

Автомобильные шины смогут вырабатывать электроэнергию

5

Qualcomm Halo зарядит ваш электромобиль без проводов, даже в движении

6

IBM научилась хранить один бит данных всего на 12 атомах

7

Nordic демонстрирует первую в мире комбинацию Bluetooth мыши и клавиатуры

9

Vishay разработала высокотемпературный мощный SMD резистор с сопротивлением 0.0005 Ом и допуском 1%

9

Texas Instruments представила самые быстродействующие двухканальные драйверы MOSFET с выходными токами 4 и 5 А

10

Pascal предлагает самый маленький в мире модуль усилителя с выходной мощностью 1000 Вт

12

Texas Instruments выпускает систему-на-кристалле ZigBee Smart Energy 2.0 с интегрированным процессором ARM Cortex-M

13

STM представила инновационный транслятор уровней для новейших карт памяти

14

СТАТЬИ

Сравнение различных процедур проверки воздействия электростатического разряда

15

Недорогой изящный ридер PocketBook 611 Basic

23

История ARM: с конца 20 века до наших дней

25

Открытая платформа Arduino высвобождает творческий потенциал. Окончание

34

Способы снижения погрешности цифровых потенциометров

38

Почему светодиодная лампа проработала меньше, чем лампа накаливания?

43

СХЕМЫ

Прецизионная адаптивная система сбора аналоговых данных с интерфейсом USB

45

Беспроводная система мониторинга температуры с возможностью регистрации данных

53

Простой интерфейс расширяет диапазон ШИМ регулирования

58

Как получить высокое выходное напряжение с помощью низковольтного преобразователя

61

Как рассчитать индуктивность многослойной катушки без сердечника с помощью линейки и омметра

64

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

специализированный видеорегистратор для автотранспорта
надежно схорняет 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>

Tobii Gaze позволит управлять Windows 8 с помощью взгляда

Компания Tobii анонсировала выпуск новой системы Tobii Gaze («gaze» здесь можно перевести как «пристальный взгляд»), интерфейса для Windows 8 – операционной системы корпорации Microsoft, появление которой намечено на ближайшее время. Tobii Gaze позволит пользователям управлять их компьютерами, ноутбуками и планшетными ПК с помощью взгляда. Интерфейс, совмещающий в себе систему отслеживания положения зрачков человека (eye-tracking) и сенсорную панель пользовательского интерфейса Metro, позволит пользователю взглядом взаимодействовать с Windows, а сенсорную панель использовать для более точного управления и активирования дополнительных команд.



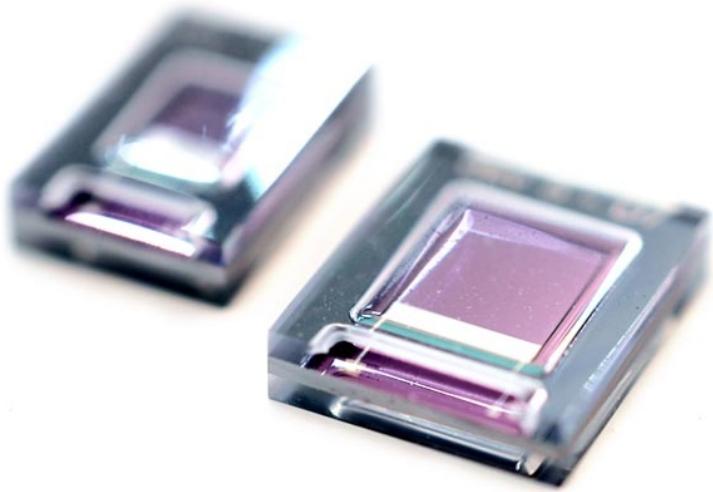
Подобная комбинация, по мнению представителей компании, предпочтительнее, чем дисплей с сенсорным экраном, так как пальцам и рукам пользователя для тонких манипуляций не нужно выполнять сложных движений.

Интерфейс Tobii Gaze для Windows 8 будет представлен на Международной выставке потребительской электроники (CES), и компания возлагает большие надежды на принятие ее технологии. Насколько увеличится стоимость среднего персонального компьютера при интеграции в него Tobii Gaze, точно пока не известно. Известно лишь, что стоимость оборудования для слежения за глазами PCEye USB компании Tobii составляет \$7000. Если бы компания нашла способ использовать встроенные веб-камеры, которые имеются в большинстве дисплеев, эта технология стала бы намного доступней.

Автомобильные шины смогут вырабатывать электроэнергию

Исследовательский центр Imec в сотрудничестве с Holst Centre разработал и представил первую микроэлектромеханическую систему (МЭМС, MEMS) преобразования механической энергии вибрации в электрическую с рекордным уровнем выходной мощности 489 мкВт. Измерения и моделирование показали, что данное устройство может применяться в средах с высокой вибрацией для преобразования и накопления энергии, например, в автомобильных шинах для питания встроенных сенсоров. В шине, при скорости движения 70 км/ч, новое устройство может обеспечить постоянную выходную мощность 42 мкВт, достаточную для питания простого беспроводного датчика. Эти результаты, полученные в рамках программы исследовательского центра Micropower Generation and Storage, были представлены на мероприятии IEEE International Electron Devices Meeting.

Инновационный преобразователь энергии состоит из консоли (cantilever, кантилевер) с пьезоэлектрическим покрытием, помещенной между двумя металлическими электродами, образующими конденсатор. На конце кантилевера закреплена масса, транслирующая макроскопические вибрации в вертикальные перемещения, которые, воздействуя на пьезоэлектрический слой, генерируют напряжение на конденсаторе. В качестве пьезоэлектрического материала выбран нитрид алюминия (AlN). Технология производства преобразователей совместима с промышленными процессами изготовления недорогой массовой продукции.



Новые устройства имеют рекордно высокий уровень выходной мощности 489 мкВт, при условии, что частота вибрации близка к резонансной частоте МЭМС, значение которой, в данном случае, равно 1011 Гц. Совместно со своими партнерами – автопроизводителями исследовательский центр Imec подтвердил возможность установки преобразователей в автомобильных шинах, что позволит использовать энергию механических вибраций, зависящих от скорости движения, состояния и параметров шин, а также от характеристик

поверхности дороги. Каждый толчок будет сопровождаться смещением массы кантилевера, провоцирующим его затухающие колебания на частоте собственного резонанса. Во время колебаний, продолжительность которых зависит от добротности МЭМС преобразователя, часть механической энергии будет преобразовываться в электрическую. Показано, что постоянная выходная мощность преобразователя при скорости движения автомобиля 70 км/ч может достигать 42 мкВт.

Подобные микромашинные преобразователи энергии идеально подходят для генерации электрической энергии от промышленных механизмов и устройств, подверженных механической вибрации или повторяющимся ударам. В таких условиях они могут питать миниатюрные автономные датчики, когда применение батарей невозможно или непрактично. Один из примеров применения преобразователей – система контроля давления и температуры в шинах (TPMS) во время движения: автомобильная шина с встроенными датчиками, которые контролируют целостность шины и давление, состояние дороги и стиль вождения.

Qualcomm Halo зарядит ваш электромобиль без проводов, даже в движении

Halo – новое подразделение компании Qualcomm, – на ежегодной выставке потребительской электроники CES-2012 представила систему беспроводной зарядки электромобилей (WEVC).

Halo будет заряжать электромобили без каких бы то ни было проводов или кабелей. Базы зарядных устройств могут устанавливаться под парковочными местами, в гаражах и, даже, на дорогах. Оснащенный беспроводным зарядным устройством автомобиль просто паркуется над базой, и энергия начинает поступать в аккумулятор.

Система работает, используя принцип магнитной индукции. Две катушки – одна в автомобиле, другая под дорожным покрытием – выстраиваются в линию. Зарядное устройство генерирует магнитное поле между этими катушками, создающее ток в верхней катушке, которым заряжается аккумулятор транспортного средства. В представленной версии системы Qualcomm Halo в автомобиле, в целях повышения КПД до 97%, устанавливаются две катушки. Передаваемая мощность достигает 7 кВт при расстоянии между катушками до 2 футов (0.6 м).



Конечной целью разработчиков Halo является создание системы динамической зарядки. Размещение индукционных катушек под существующей городской сетью позволило бы электробусам заряжать свои аккумуляторы беспроводным способом на ходу, двигаясь по маршруту, без необходимости остановки для перезарядки. По утверждению Qualcomm, динамическая зарядка выгодна и с точки зре-

ния продления ресурса аккумуляторов, так как поддержание их заряда на постоянном уровне от 40 до 80% близко к оптимальному режиму использования. Это означает, что непрерывная беспроводная зарядка таким же образом увеличивала бы и время жизни аккумуляторов личного автотранспорта, что является очередным маленьким шагом на пути создания дешевых электромобилей.

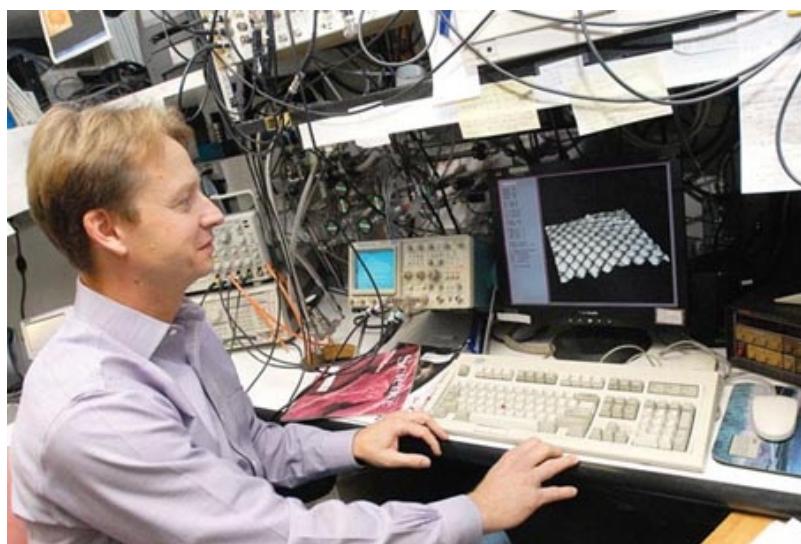
IBM научилась хранить один бит данных всего на 12 атомах

Ученым из IBM Research удалось сохранить один бит данных на 12 атомах железа, и, соответственно, один байт на 96 атомах. Такая плотность записи, как минимум, в 100 раз превышает плотность пластин современного накопителя на жестких дисках или микросхем флеш-памяти.

Команда из IBM Research Almaden под руководством Андреаса Хейнриха (Andreas Heinrich) начала свои исследования «снизу вверх» – с изучения возможностей одного магнитного бита. Вместо того, чтобы отталкиваться от уже известных характеристик накопителей данных и искать пути их улучшения – стандартный подход, продиктованный законом Мура, – Хейнрих с коллегами начали с наименьшего элемента – атома – и продолжали наращивать их количество, пока не был получен устойчивый магнитный бит.

Ученые буквально создали на медной подложке массив из атомов железа, добавляя их по одному, пока число атомов не достигло «критической массы хранения», то есть такого

количества, при котором их магнитные свойства оставались стабильными. При низких температурах это число равно 12, при комнатной – около 150.



Андреас Хайнрих: «Это (СТМ) позволяет вам видеть все. Помню, в институте нам объясняли, что увидеть атом невозможno».

В своей работе Хайнрих использовал сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), прототип которого был разработан исследователями IBM 30 лет назад. СТМ позволяет наблюдать за атомами и перемещать их.

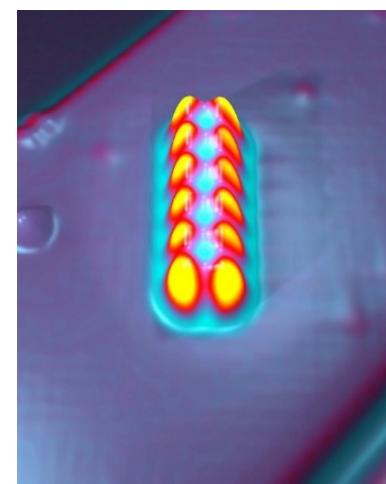
СТМ использовался, прежде всего, для упорядочивания атомов железа на медной подложке. По словам Хайнриха, это была относительно простая задача. Затем с помощью СТМ измеряли магнитные свойства конкретного атома, чтобы определить, принимает ли магнитный бит одно из двоичных значений – 0 или 1. Это более хитрая задача, чем кажется на первый взгляд, и требует использования антиферромагнетизма. В жестких дисках, в которых используется ферромагнетизм, все атомы магнитных битов ориентированы одинаково, создавая магнитное поле («север», «юг»), измеряемое считывающей головкой и

преобразуемое в двоичный код. Связанная с этим проблема, состоит в том, что для создания достаточно большого магнитного поля необходимы тысячи или миллионы ферромагнитных атомов. С антиферромагнетизмом атомы магнитного бита выстраиваются таким образом, что результирующее магнитное поле оказывается равным нулю.

Если в антиферромагнитном бите посредством СТМ развернуть один атом железа, все остальные атомы также «переключаются» для поддержания равновесия.

Сейчас основная проблема заключается в том, чтобы найти способ серийного производства листов меди с массивами точно выровненных атомов железа. При этом для манипулирования байтами на уровне атомов уже не потребовался бы СТМ размером с комнату, и осталось бы только придумать, как присоединить провода к этим микроскопическим структурам.

Полученное с помощью СТМ изображение двенадцати атомов железа, собранных в прецизионную антиферромагнитную структуру. (Фото IBM).



Nordic демонстрирует первую в мире комбинацию Bluetooth мыши и клавиатуры

Nordic Semiconductor продемонстрировала готовящуюся к выпуску оценочную платформу nRFready µBlue Desktop – первую в мире полностью функциональную комбинацию беспроводной мыши и клавиатуры. Работая с ноутбуком со встроенной поддержкой устройств Bluetooth Smart под управлением ОС Windows 8, эта платформа призвана поднять Bluetooth компьютерную периферию на новый уровень потребления энергии: от двух батареек типоразмера АА мышь может проработать более года, а клавиатура до 10 лет.



nRFready µBlue Desktop основана на малопотребляющей коммуникационной микросхеме µBlue nRF8001 фирмы Nordic, лидирующей в своем сегменте рынка. Платформа дает производителям беспроводной компьютерной периферии полный и проверенный набор аппаратных и программных средств, значительно снижающих риски ошибок при создании новых устройств, а также время и стои-

мость разработки. Помимо этого появляется возможность производства особо экономичных беспроводных устройств ввода, совместимых со всеми решениями Nordic для частоты 2.4 ГГц, но не нуждающихся в USB донглах при подключении к компьютерам, поддерживающим Bluetooth Smart Ready.

В тесном взаимодействии с ключевыми партнерами и клиентами Nordic сейчас прорабатывает вопросы совместимости nRFready µBlue Desktop, как с целым рядом компьютерных операционных систем, так и с микросхемами Bluetooth Smart Ready других производителей.

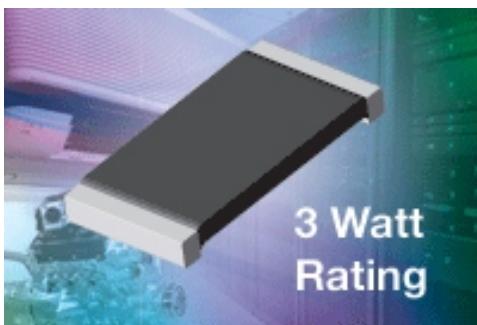
В ближайшее время набор nRFready µBlue Desktop будет доступен для заказа.

Vishay разработала высокотемпературный мощный SMD резистор с сопротивлением 0.0005 Ом и допуском 1%

Vishay Intertechnology анонсировала новый резистор семейства Power Metal Strip для поверхностного монтажа типоразмера 2512, сочетающий в себе большую рассеивающую мощность (3 Вт) с очень низким сопротивлением 0.0005 Ом.

В новейшей конструкции WSLP2512 использованы резистивные элементы из никромового или мanganинового сплавов с низким ТКС (менее 20 ppm/°C) и специально отобранные и стабилизированные материалы. В результате удалось создать мощный резистор с диапазоном рабочих температур от

-65 до +170 °С и всем набором уникальных характеристик, присущих изделиям семейства Power Metal Strip.



Теперь у разработчиков силовых электронных устройств есть миниатюрный резистор с исключительными параметрами. Очень важно, что расширенный температурный диапазон позволяет использовать WSLP2512 в экстремальных рабочих условиях без снижения допустимой мощности или электрических характеристик.

В качестве датчиков тока резисторы найдут применение в импульсных и линейных источниках питания, измерительных приборах, усилителях мощности и шунтах для автомобильных систем контроля двигателя, устройств антиблокировки тормозов и кондиционеров. Кроме того, в нефте-газодобывающей промышленности резисторы могут использоваться в аппаратуре контроля скважин.

WSLP2512 имеют стандартные габариты 6.35 × 3.18 × 0.635 мм. Разработанный Vishay технологический процесс позволил изготавливать сверхнизкоомные резисторы с диапазоном сопротивлений от 0.0005 Ом до 0.01 Ом и допуском 1% и 5%.

Как и все приборы семейства Power Metal Strip, новый резистор имеет цельносварную конструкцию, обеспечивающую их исключи-

тельные характеристики. WSLP2512 отличаются очень низкими значениями индуктивности (0.5...5 нГн) и термо-ЭДС (менее 3 мкВ/°С).

Резисторы доступны для заказа в промышленных количествах со сроком поставки 6...8 недель. Образцы предоставляются по запросу немедленно.

Texas Instruments представила самые быстродействующие двухканальные драйверы MOSFET с выходными токами 4 и 5 А

Три двухканальных прибора следующего поколения, которыми Texas Instruments (TI) пополнила портфолио драйверов MOSFET для силовой электроники, позволят сделать изолированные источники питания еще эффективнее, надежнее и компактнее.

Первые драйверы верхнего и нижнего плеча с рабочим напряжением 120 В

UCC27210 и UCC27211 – первые в отрасли драйверы для повышающих преобразователей с выходным напряжением до 120 В и током до 4 А. Приборы имеют два выхода для управления затворами MOSFET транзисторов верхнего и нижнего плеча и выдерживают входное постоянное напряжение до 10 В. Драйверы поддерживают высокочастотную полу- и полномостовую топологию силовых преобразователей и отличаются исключительно малым временем задержки распространения – 18 нс. Совокупность уникальных характеристик, включая устойчивость к брос-

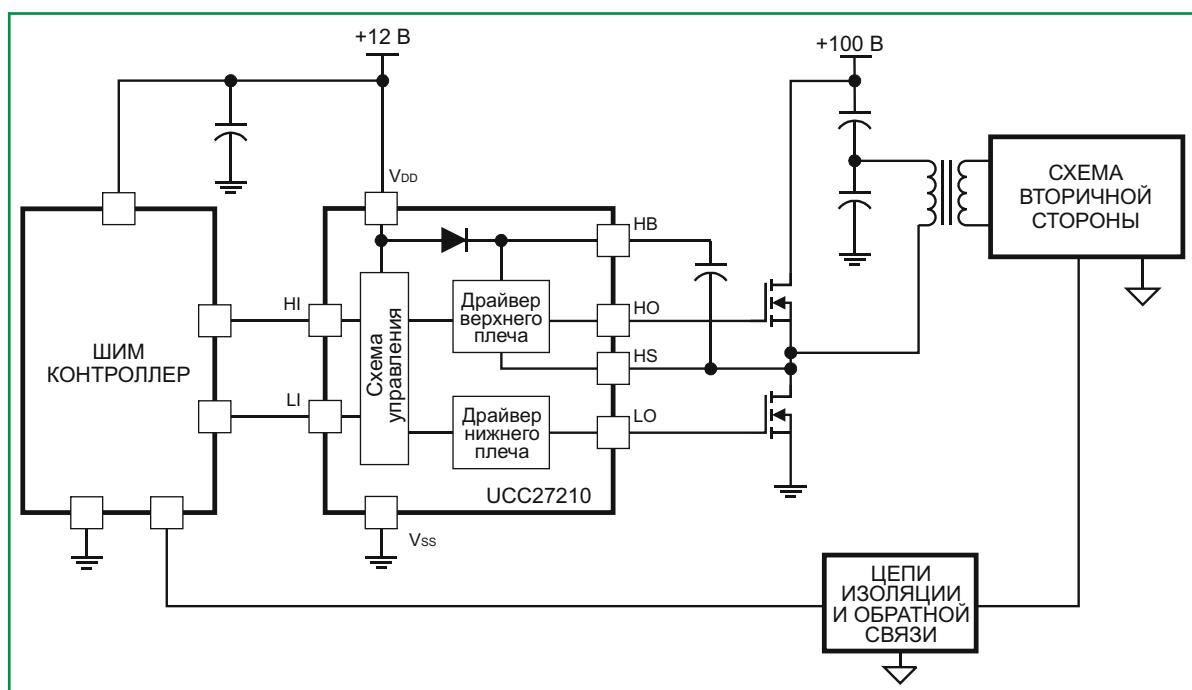
кам напряжения до 100 В, позволит повысить эффективность и надежность питания телекоммуникационных, серверных и промышленных систем.

Основные особенности микросхем UCC27210 и UCC27211

- Первые в отрасли 4-амперные драйверы верхнего и нижнего плеча с рабочим напряжением до 120 В, совместимые по входам с уровнями ТТЛ или КМОП логики (в зависимости от версии).
- Уменьшенное до 0.9 Ом выходное сопротивление минимизирует потери переключения при переходе MOSFET транзисторов через плато Миллера.
- Повышенная надежность: входы выдерживают постоянное напряжение 10 В и рассчитаны на прямое подключение к трансформаторным драйверам затворов без использования выпрямительных диодов.

Токи больше, скорость выше

Третий из новой группы приборов представляет собой самый быстродействующий в отрасли двухканальный драйвер нижнего плеча для управления мощными MOSFET и IGBT ключами синхронных выпрямителей вторичной стороны источников питания. Микросхема UCC27524, имеющая время задержки распространения 12 нс, время нарастания 6 нс и согласование каналов



20-V, 5-A Dual-Channel MOSFET Driver



Texas Instruments

1 нс, практически не вносит искажений в форму управляющих импульсов. Драйвер может работать при входных напряжениях от 4.5 до 18 В и допускает объединение выходов для увеличения выходного тока до 10 А, что позволяет использовать его для управления приводами электродвигателей.

Основные особенности микросхемы UCC27524:

- Высокая нагрузочная способность: пиковые значения втекающего и вытекающего токов равны 5 А. Диапазон входных напряжений от 4.5 до 18 В. Для увеличения отдаваемого тока выходы допускают параллельное соединение.
- Исключительное быстродействие: типичное время задержки распространения равно 12 нс, а время нарастания – 6 нс, при типичном рассогласовании между двумя каналами не более 1 нс.
- Малые размеры: стандартный для отрасли 8-выводной корпус SOIC.

Доступность и цена

Микросхемы UCC27210 и UCC27211 выпускаются в 8- или 10-выводных корпусах SON, а также в 8-выводных корпусах SOIC. UCC27524 в настоящее время предлагаются в стандартных корпусах SOIC и PDIP с 8 выводами, а чуть позже добавится вариант в корпусе WSON-8. Рекомендованная цена для приборов UCC27210/1 составляет \$1.50 при покупке партиями от 1000 шт., а для UCC27524 – \$0.70.

Pascal предлагает самый маленький в мире модуль усилителя с выходной мощностью 1000 Вт

Датская компания Pascal A/S выпустила на рынок новый модуль S-PRO2 – самый маленький в мире усилитель с выходной мощностью

2 500 Вт (1000 Вт в мостовом включении) и встроенным источником питания.

Развивающий мощность 2 500 Вт с.к.з. на нагрузке 4 Ом, усилитель объединен с универсальным источником питания и корректором коэффициента мощности. При габаритах всего 5.1 8.0 21.5 см S-PRO2 в своем классе мощности является самым компактным в мире усилительным модулем со встроенным источником питания.



S-PRO2 – идеальный кандидат для использования в одно- и двухканальных акустических системах, таких как аудио мониторы, линейные массивы и сабвуферы.

В новом усилителе класса D реализована патентованная архитектура UMAC, позволившая поднять характеристики S-PRO2 на беспрецедентный для профессиональной аудио индустрии уровень. Сетевой источник питания с корректором коэффициента мощности совместим с промышленными стандартами всех стран.

Многочисленные защитные функции модуля S-PRO2 и дополнительный источник для питания карт DSP позволяют использовать его практически в любых приложениях.

Texas Instruments выпускает систему-на-кристалле ZigBee Smart Energy 2.0 с интегрированным процессором ARM Cortex-M3

Радиочастотная система-на-кристалле стандарта 802.15.4g с поддержкой профиля ZigBee Smart Energy 2.0 специально разработана для применения в приложениях Smart Grid и удаленных беспроводных сенсорах

Компания Texas Instruments на выставке DistribuTECH 2012 первой в отрасли продемонстрировала радиочастотную систему-на-кристалле, которая интегрирует радио часть 802.15.4g (2.4 ГГц), процессор ARM Cortex-M3, специализированный модуль аппаратного ускорения функций безопасности профиля ZigBee Smart Energy 2.0 и достаточный объем встроенной памяти для запуска стека протокола ZigBee IP и профиля Smart Energy 2.0. Однокристальное решение CC2538 избавит от необходимости использовать дополнительный микропроцессор, упростит и удешевит разработку приложений Smart Grid и удаленных беспроводных сенсоров для интеллектуальных приборов учета.

CC2538 поддерживает стек ZigBee протокола Z-Stack, который обеспечивает полную функциональность Smart Energy 1.1. Профиль Smart Energy 2.0 разработан с целью взаимодействия с несколькими устройствами физического уровня (PHY) и создает основу для разработки SE 2.0 продуктов, которые

смогут одновременно поддерживать сети ZigBee, Wi-Fi или PLC (Power Line Communication), включая ZigBee процессор (CC253x) и решения WiLink 6.0 (WL127x). Профиль позволит пользователям использовать ZigBee или Wi-Fi для подключения к существующим или новым инфраструктурам, или же использовать Wi-Fi в качестве моста для подключения по ZigBee к сети Интернет.



Также на выставке компания представила радиочастотный приемопередатчик CC1200 – дальнейшее развитие линейки субгигагерцовых устройств CC1120, которое поддерживает весь диапазон стандарта 802.15.4g беспроводных сетей субгигагерцового диапазона для интеллектуальных приборов учета.



Производство системы-на-кристалле CC2538 и приемопередатчика CC1200 намечено на 4 квартал 2012 г.

STM представила инновационный транслятор уровней для новейших карт памяти

STM представила инновационный транслятор уровней для новейших карт памяти

STMicroelectronics представила первый в отрасли транслятор уровней, совместимый с последней версией стандарта для карт SD – Secure Digital 3.0. Увеличение объема памяти и скорости доступа SD 3.0, наряду с низкой статической потребляемой мощностью и компактным корпусом этого преобразователя, делает его идеальным решением для организации интерфейса между процессорами приложений или радиопроцессорами и SD-картой памяти в мобильных телефонах, портативных медиаплеерах, планшетных ПК, цифровых камерах или персональных навигационных устройствах.

Спецификация SD 3.0 предоставляет возможность хранения данных объемом до двух терабайт и увеличивает скорость чтения/записи SD-интерфейса до 50 Мб/с при удвоенной скорости передачи данных 50 МГц. ST6G3244 – первая микросхема на рынке, поддерживающая новый стандарт, дающая разработчикам преимущество при проектировании портативных устройств с увеличенным объемом памяти данных и быстрым доступом

к мультимедиа, включая музыку, видео и изображения.

ST6G3244 сочетает высокое быстродействие с низкой рассеиваемой мощностью и поддерживает режим пониженного энергопотребления. Целостность данных обеспечивается за счет сбалансированных задержек распространения сигнала, фильтров электромагнитных помех и нормализации сигналов. Рекомендуемый для применения в портативных устройствах, напрямую соединяющихся с внешней картой памяти, транслятор со стороны карты имеет защиту от электростатическо-



го разряда 15 кВ через воздушный зазор.

Микросхема шестиразрядного двунаправленного транслятора уровня КМОП для SD, mini-SD и micro-SD карт памяти выпускается в компактном корпусе BGA25 и поддерживает два напряжения питания 1.8 В или 2.9 В, выбираемые с помощью внешнего вывода. Она совместима по выводам с большинством продуктов, поддерживающих стандарт SD 2.0, поэтому потребители могут легко произвести «горячую замену» и сэкономить при разработке устройств. Стоимость ST6G3244 составляет \$0.84 за штуку при заказе не менее 1000 компонентов.

Сравнение различных процедур проверки воздействия электростатического разряда

Dwight Byrd и Thomas Kugelstadt, Texas Instruments

EDN

Существуют различные стандартные методы проверки устойчивости аппаратуры к электростатическому разряду. А какой метод используете вы при испытаниях своей конструкции...

Электростатический разряд (ЭСР) – внезапное возникновение кратковременного тока, протекающего между двумя объектами с различными электрическими потенциалами. Он вызывает повреждение оборудования, приводя к производственным потерям, измеряемым миллиардами долларов ежегодно. Производитель любой электроники, от портативной потребительской до систем управления промышленными процессами и приложений военной и космической сфер, должен учитывать влияние ЭСР при проектировании своего оборудования. Существует множество стандартов проверки на устойчивость к ЭСР, удовлетворяющих многообразным техническим требованиям различных сегментов электронной индустрии.

Чтобы помочь выбрать нужный метод испытаний для вашего проекта, необходимо разобраться в основных стандартах проверки на устойчивость к ЭСР и различиях между проверкой на уровне устройства и проверкой на уровне системы. Защита от ЭСР включает в

себя набор схем, основанных преимущественно на диодных матрицах, ограничительных диодах и стабилитронах. Независимо от того, какая схема будет выбрана, вы должны провести заключительную проверку на электромагнитную совместимость и проверку работоспособности самой схемы защиты.

Модель человеческого тела (HBM)

Метод испытаний на уровне устройства, основанный на модели человеческого тела (human-body-model – HBM) распространен наиболее широко. Он используется для оценки восприимчивости к ЭСР электронного компонента. Тест воспроизводит электрический разряд между человеком и электронным компонентом, который может произойти при прикосновении к устройству, если человек накопил остаточный заряд, например, при ходьбе в носках по ковру. Отказы микросхем при таком тестировании проявляются в пробое переходов, проникновении металла, расплавлении металлических слоев, проколе проводников и повреждении оксидных слоев.

Для тестирования конденсатор емкостью 100 пФ заряжают от источника высокого напряжения через резистор 1 МОм. После того, как конденсатор полностью зарядится, с

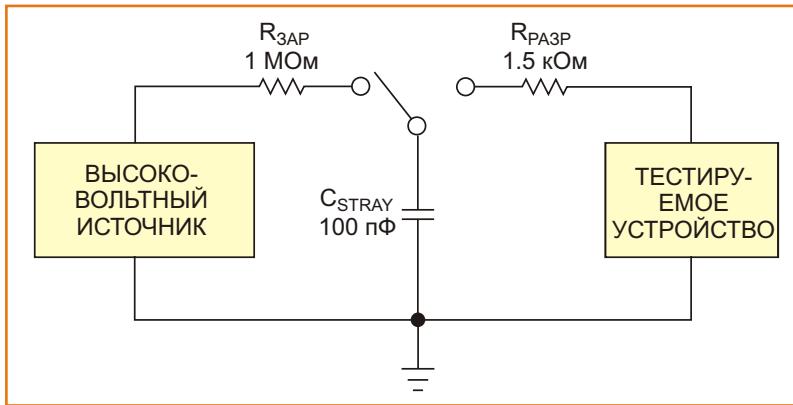


Рисунок 1. Тест уровня устройства HBM является наиболее распространенной моделью при проверке устойчивости к ЭСР. Его используют для оценки влияния ЭСР на повреждения электронного компонента.

помощью ключа его переключает от высоковольтного источника с последовательным резистором на схему с резистором 1.5 кОм и проверяемым устройством. Таким образом, напря-

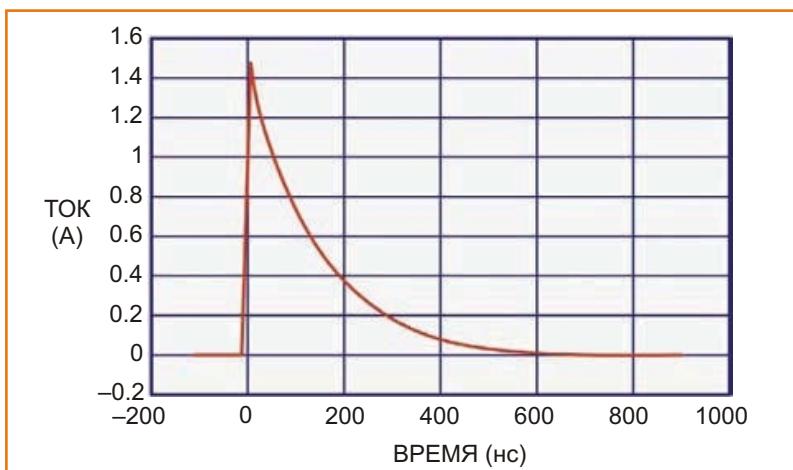


Рисунок 2. Типичная осциллограмма с начальным броском тока порядка 1.5 А, и экспоненциальным разрядом конденсатора, ток через который асимптотически достигает 0 А примерно за 500 нс.

На Рисунке 2 показана типичная осциллограмма с начальным броском тока порядка 1.5 А, и экспоненциальным разрядом конденсатора, ток через который асимптотически достигает 0 А примерно за 500 нс. При типичном teste HBM одиночным разрядом на проверяемом устройстве может выделяться максимальная мощность до 22.5 кВт. Помните, что мощность равна произведению тока на напряжение.

Машинная модель (ММ)

Тест уровня устройства, основанный на машинной модели (machine-model – ММ), появившийся в 1990-х годах, сегодня распространен меньше, чем HBM. В связи с ростом производства продукции в 1990-х начали приобретать все большую популярность автоматизированные промышленные комплексы. Эти машины накапливали электрический заряд после включения и при соприкосновении разряжались на электронные компоненты. Так ММ тестирование стало моделью для проверки на устойчивость к ЭСР, вызываемым механическими устройствами. Эффекты отказов здесь те же самые, что и при тестах HBM, то есть повреждение соединений, расплав металлических слоев, повреждение оксидной изоляции.

В данной процедуре проверки источник высокого напряжения соединяется последовательно с резистором и конденсатором емкостью 200 пФ. После полного заряда конденсатора ключ подключает его к проверяемому устройству через резистор и индуктивность 0.5 мкГн. Заряд конденсатора через индуктивность рассеивается на устройстве (Рисунок 3). Напряжение высоковольтного источника может быть различным, но обычно выбирается из диапазона от 50 до 400 В.

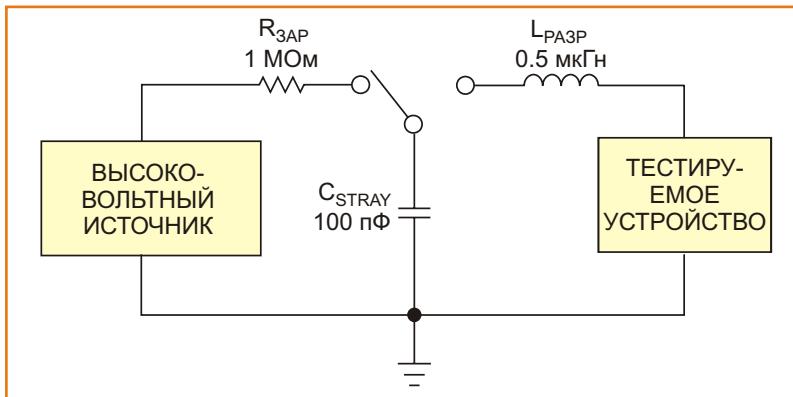


Рисунок 3. В teste ММ источник высокого напряжения соединяется последовательно с резистором и конденсатором емкостью 200 пФ.

Если посмотреть на осциллограмму тока (Рисунок 4), можно увидеть, что в RLC цепи возникает переменный ток, достигающий в пиках примерно ± 3 А, что почти в четыре раза превышает пиковый ток в teste HBM. Кроме того, как видно из Рисунка 4, спад тока происходит значительно медленнее: время, за которое ток затухает до нуля равно примерно 900 нс. Максимальная мощность, выделяющаяся в teste MM, приближается к 1.2 кВт.

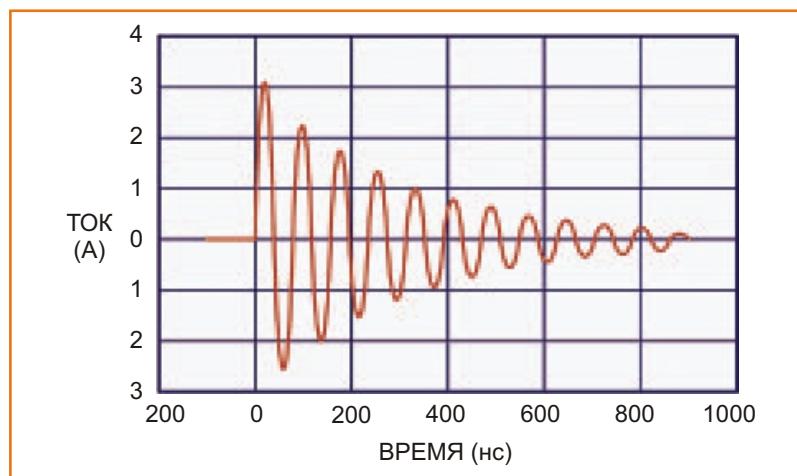


Рисунок 4. Как видно из осциллограммы, в RLC цепи возникает переменный ток.

Тест MM используется тогда, когда необходимо индивидуально испытать на соответствие стандарту каждый вывод микросхемы.

Микросхема устанавливается на специальную плату, подключенную к автоматическому ЭСР тестеру. Все выводы, кроме одного, подлежащего проверке в данный момент времени, заземляются. Эта процедура повторяется для каждого вывода.

Модель заряженного устройства (CDM)

Тест уровня устройства, использующий модель заряженного устройства (charged-device-mode – CDM), имитирует ситуацию, часто возникающую в автоматизированном оборудовании, где во включенных долгое время машинах на микросхемах могут накапливаться заряды. Когда какая-нибудь часть приходит в соприкосновение с заземленным проводником, накопленный заряд разряжается. При teste CDM проверяемая микросхема размещается на испытательной металлической поверхности обратной стороной вверху. Металлическая поверхность отделяется от микросхемы изоляционным материалом, в результате чего два объекта образуют конденсатор. Затем металлическую поверхность соединяют с источником высокого напряжения и увеличивают напряжение до уровня, требуемого для данного вида испытаний. К проверяемому выводу подносят щуп, через который происходит разряд, во время которого измеряется протекающий через «землю ток». Этот тест повторяют для каждого вывода при трех положительных и трех отрицательных импульсах. В итоге, каждый вывод должен испытать шесть разрядов (Рисунок 5).

Как видно из Рисунка 6, разряд длится не более 2 нс, что делает тест CDM сложным в реализации и моделировании. В результате ток нарастает до 5...6 А, разряжаясь менее чем за 1 нс. Участок спада тока имеет протя-

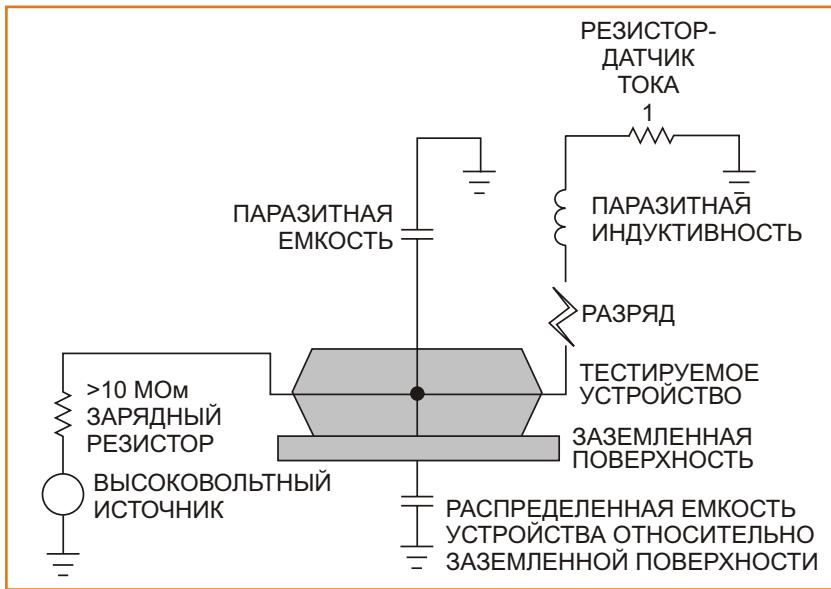


Рисунок 5. Металлическая поверхность отделяется от микросхемы изоляционным материалом, в результате чего два объекта образуют конденсатор. Затем металлическую поверхность соединяют с источником высокого напряжения и увеличивают напряжение до уровня, требуемого для данного вида испытаний.

женность порядка 5 нс, отчего провести на нем измерения непросто. Возникающие неисправности, наблюдаемые при CDM тестах, типичны для кратковременных воздействий. Это пробой оксидного слоя затвора, захват заряда

Таблица 1. Сравнение тестов HBM, MM и CDM.

Модель	HBM	MM	CDM
Уровни напряжения	2, 4, 8 и 15 кВ	100, 150 и 200 В	250, 500, 750 и 1000 В
Амплитуда тока, А	1.5	±3	5 ... 6
Ширина импульса, нс	Примерно 150	Примерно 80	Примерно 1
Время нарастания	2 ... 10 нс	Примерно 1 нс	Менее 400 пс
Характерные повреждения	Пробой р-п переходов, проникновение металла, расплавление металлических проводников, прокол проводников и повреждение подзатворного диэлектрика	Пробой р-п переходов, расплавление металлических проводников и проколы подзатворного диэлектрика	Проколы подзатворного диэлектрика, захват заряда и пробой р-п переходов

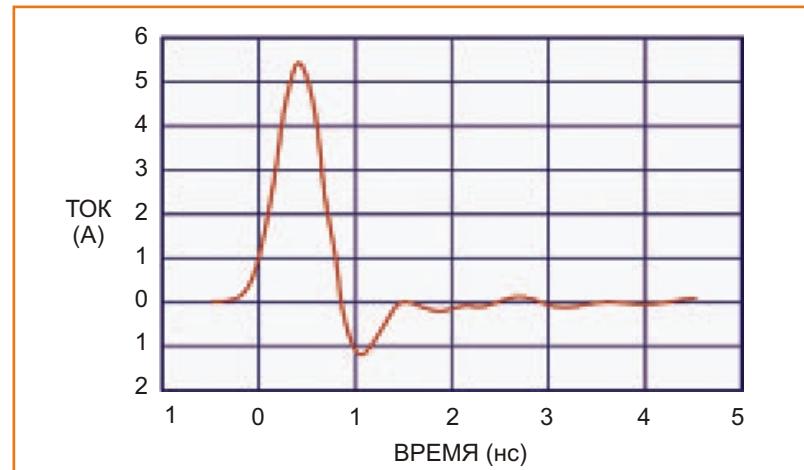


Рисунок 6. В teste CDM разряд длится не более 2 нс, что делает этот тест сложным в реализации и моделировании. Ток достигает в импульсе 5...6 А.

и пробой р-п перехода. На Рисунке 6 показана форма тока при teste CDM.

Тесты HBM, MM и CDM являются наиболее распространенными процедурами проверки электронных компонентов на уровне устройства. Таблица 1 отражает их сходства и различия.

Устойчивость к ЭСР

Проверка на устойчивость к ЭСР на системном уровне воспроизводит влияние ЭСР

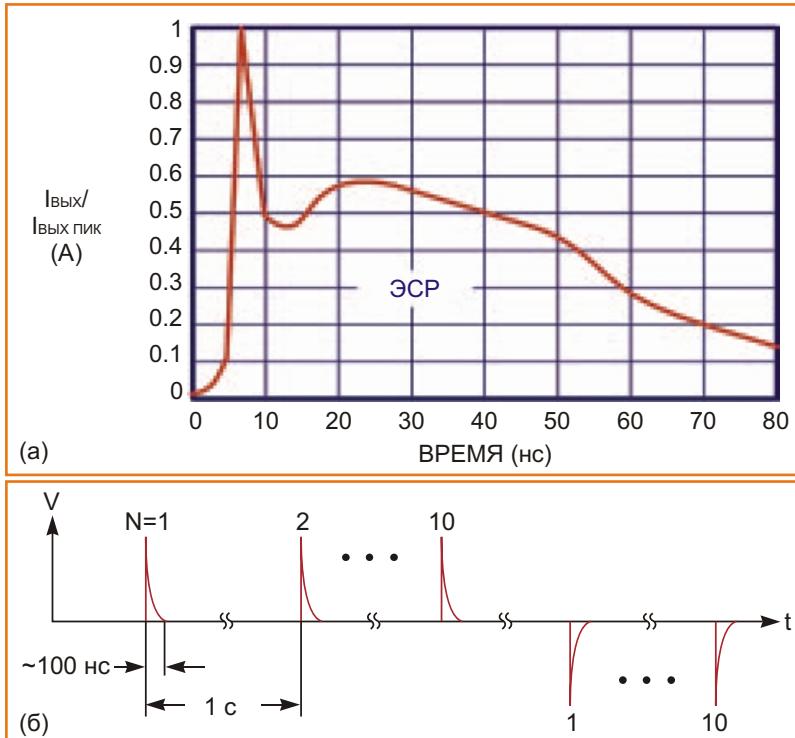


Рисунок 7. Проверка на устойчивость к ЭСР на системном уровне воспроизводит влияние ЭСР человека на электронный компонент (а). В соответствии со спецификацией, тест повторяется, как минимум, 20 раз (б).

человека на электронный компонент (Рисунок 7а). Электростатический заряд может накапливаться на человеке при низкой относительной влажности, на напольных покрытиях с плохой проводимостью или на синтетической одежде. Чтобы смоделировать разряд, генератор ЭСР подает импульсы на тестируемое оборудование двумя способами. Первый – через разряд при непосредственном контакте с проверяемым оборудованием. Второй – через косвенный контакт с оборудованием, когда разряд происходит через воздушный промежуток. Международная Электротехническая Комиссия (IEC) определяет этот тест в спецификации IEC61000-4-2.

Определяющими параметрами данного теста являются время нарастания, которое не

должно превышать 10 нс, и ширина импульса, равная примерно 100 нс, что позволяет характеризовать тестовый сигнал как импульс с небольшой энергией. Тест на устойчивость к ЭСР требует проведения десяти разрядов импульсами как положительной, так и отрицательной полярности, с интервалом в 1 с. Таким образом, в соответствии со спецификацией, проверка производится, как минимум, 20 раз (Рисунок 7б).

Рисунок 8 показывает различия между стандартами тестов на уровне устройств и на уровне систем. IEC тест на ЭСР, который многие называют золотым стандартом тестирования электронных компонентов, обычно имеет восьмикратное превышение по напряжению, по сравнению с тестом CDM, и двадцатикратное превышение по амплитуде тока, по сравнению с HBM.

Устойчивость к быстрым переходным процессам (EFT/B)

Стандарт теста уровня системы IEC61000-4-4 описывает модель проверки устойчивости

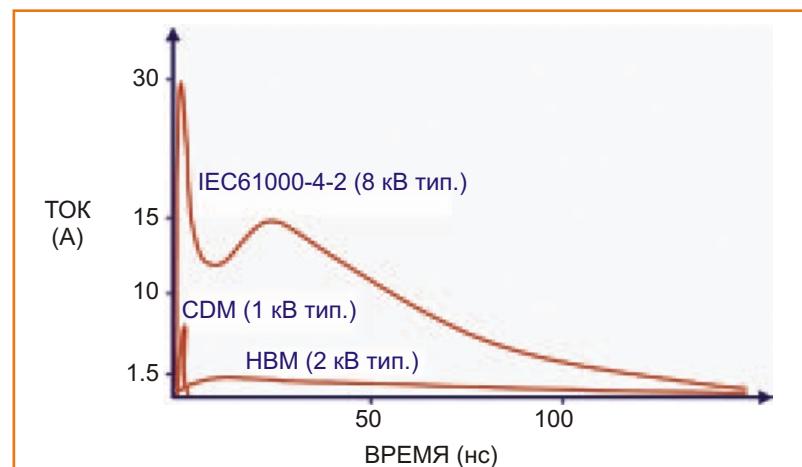


Рисунок 8. IEC тест на ЭСР обычно имеет восьмикратное превышение по напряжению, по сравнению с тестом CDM, и двадцатикратное превышение по амплитуде тока, по сравнению с

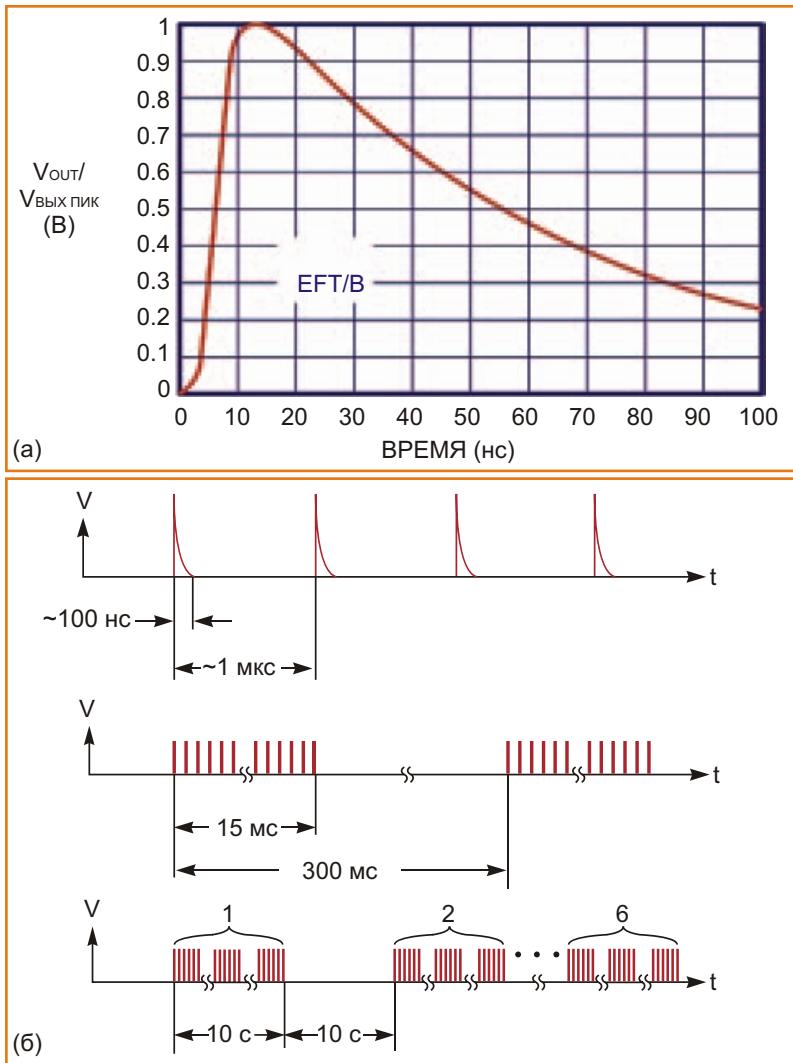


Рисунок 9. Стандарт теста уровня системы IEC61000-4-4 описывает модель проверки устойчивости к быстрым переходным процессам (а). В качестве испытательных сигналов используются пачки коротких импульсов (б).

к быстрым переходным процессам (electrical-fast-transient – EFT) (Рисунок 9). Поскольку в качестве испытательных сигналов используются пачки коротких импульсов, для обозначения теста нередко используется аббревиатура EFT/B («burst» – «B» – в данном контексте переводится как «пачка»). Тест EFT, воспроизводит переходные процессы, постоянно возникающие в повседневном окружении при отключении индуктивной нагрузки, дребезге

контактов реле и при работе электродвигателей. Испытанию подвергаются все линии – силовые, сигнальные и земляные. Пачки импульсов имеют фиксированную длительность. Генератор тестовых сигналов EFT вырабатывает последовательность импульсов, уровень которых спадает до 50% от пикового значения менее чем за 100 нс. Импульсы отстоят друг от друга на 1 мкс. Типичная длительность пачки равна 15 мс, а период – 300 мс. Цикл повторяется на протяжении 10 с, после чего тест приостанавливается на 10 с. Так повторяется шесть раз. Полный тест занимает 110 с. Смысл теста EFT заключается в малом времени нарастания импульса, большом количестве повторений и низком уровне энергии.

Хотя по времени нарастания и энергетическим показателям EFT напоминает тест ЭСР, по количеству импульсов тесты принципиально различаются. При интервале между импульсами 1 мкс и длительности пачки 15 мс количество импульсов в ней равно, как минимум, 15,000. В пределах цикла 10 с количество пачек равно $10 \text{ с} / 300 \text{ мс} = 33.3$. Умножив это количество на 15,000, получаем 500,000 – количество импульсов в одном цикле. Таким образом, в полном teste в течение 110 с на испытываемое оборудование поступит 3 млн. импульсов.

Устойчивость к броскам напряжения

Тест на устойчивость к броскам напряжения, или к грозовым разрядам – IEC61000-4-5 – самый жесткий по уровню токов и длительности импульсов (Рисунок 10а). Однако испытатели часто используют этот тест для сигнальных и силовых линий протяженностью более 30 метров. Тест моделирует броски напряжения, возникающие вследствие прямого

го или косвенного воздействия грозовых разрядов, или при коммутации мощных нагрузок, включая их изменение и короткое замыкание.

Тест регламентирует форму сигнала на выходе генератора для режимов холостого хода и короткого замыкания. Отношение пикового напряжения холостого хода к пиковому току короткого замыкания определяет выходной импедансом генератора. Отличительной особенностью теста является значительная энергия импульса, обусловленная большим током имеющего низкий выходной импеданс генератора, и длительностью импульса, примерно в 1000 раз превышающей длительность импульсов в тестах ЭСР и EFT.

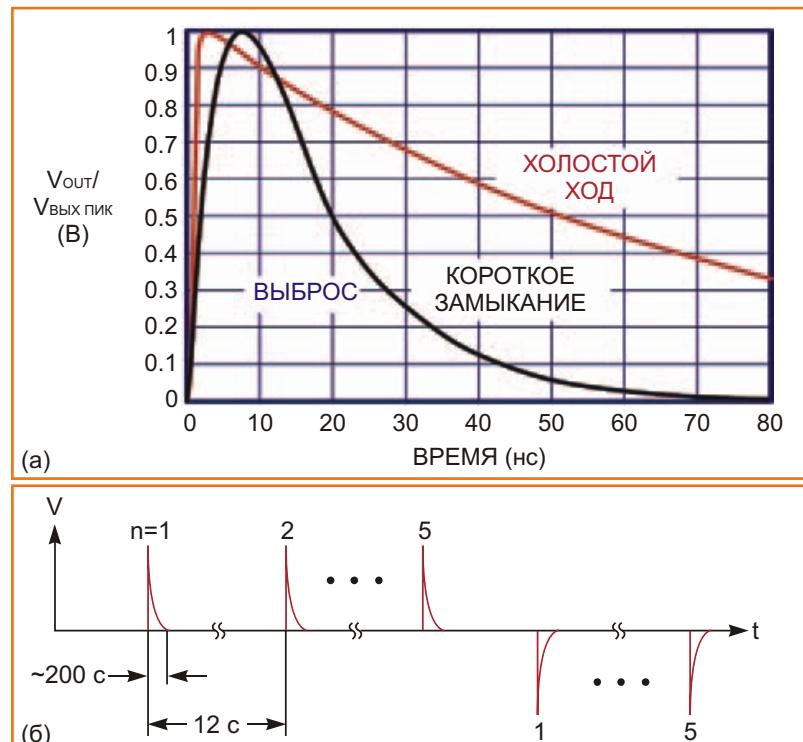


Рисунок 10. Тест на устойчивость к броскам напряжения, или к грозовым разрядам – IEC61000-4-5 – самый жесткий по уровню токов и длительности импульсов (а). Для сокращения полного времени теста интервал между импульсами выбирают равным 12 с. Это усиливает воздействие теста, но значительно снижает стоимости проверки (б).

Тест предписывает подать пять положительных и пять отрицательных бросков напряжения с интервалом не более 1 минуты. На практике, для сокращения полного времени теста до 2 минут, интервал выбирают равным 12 с. Это усиливает воздействие теста из-за уменьшения времени восстановления между импульсами, но значительно снижает стоимости проверки (Рисунок 10б).

Проверка на уровне системы

IEC определяет стандарты тестов уровня системы в соответствии с IEC61000-4. Семейство стандартов включает примерно 25 спецификаций тестов системного уровня для проверки на устойчивость к переходным процессам: IEC61000-4-2 для ЭСР, IEC61000-4-4 для EFT и IEC61000-4-5 для грозовых разрядов. С помощью Таблицы 2 можно сравнить все три метода.

Низкие напряжения и токи в тестах уровня устройства HBM, MM и CDM сегодня не соответствуют возрастающим требованиям к тестам системного уровня. Однако, подходы к тестированию потребительской продукции и промышленного оборудования и систем сильно различаются. При разработке потребительских изделий приоритет отдается тестам на устойчивость к ЭСР вследствие повышенной вероятности контакта человека с кабельными разъемами.

Для разработчиков промышленных приложений, наоборот, тесты на устойчивость к быстрым переходным процессам и броскам напряжения намного важнее, чем тесты ЭСР. Постоянная бомбардировка электрическими выбросами, порождаемыми электромоторами и другими индуктивными коммутируемыми

Таблица 2. Сравнение тестов системного уровня.

Тест на устойчивость	Стандарт	Проверяемые линии	Напряжение, кВ
ЭСР	IEC61000-4-2 воздушный промежуток	Силовые, сигнальные	±15
	IEC61000-4-2 контакт	Силовые, сигнальные	±8
EFT/B	IEC61000-4-4	Силовые	±4
		Сигнальные	±2
Бросок напряжения /грозовой разряд	IEC61000-4-5 (8 и 20 мкс, 42 Ом, 0.5 мкФ)	Сигнальные	±0.5
	IEC61000-4-5 (8 и 20 мкс, 2 Ом, 18 мкФ)	Силовые	±1

нагрузками, создает для системы гораздо более серьезные риски, нежели ЭСР, так как контакт с человеком происходит лишь во время монтажа и обслуживания, и к тому же, оператор, как правило, одет в антистатическую одежду.

Недорогой изящный ридер PocketBook 611 Basic

Мечты о доступных электронных ридерах не остаются без ответа разработчиков. Сначала на рынке появились дешевые читалки с цветными TFT-дисплеями, потом стали появляться недорогие ридеры на E-Ink (электронные чернила) от неизвестных китайских брендов, и вот теперь появляются продукты от крупных компаний. Конечно, Amazon мы пока в расчет не берем, поскольку эта компания не представлена в России официально, а вот PocketBook не только давно и успешно играет на российском рынке электронных ридеров, но и успела себя зарекомендовать с хорошей стороны. Новинка компании – ридер PocketBook 611 Basic – построен на «правиль-

ном» дисплее E-Ink, который с успехом заменяет собой бумагу, хотя по некоторым параметрам до неё и не дотягивает. Оставим эти параметры на совести пааноиков, а сами взглянем на новинку, ведь ридер весьма интересен.

PocketBook 611Basic имеет дисплей с диагональю 6 дюймов и разрешением 800 × 600 точек, матрица выполнена по технологии E-Ink Vizplex третьего поколения, так что больших проблем при чтении не будет – уровень контрастности достаточный. К тому же особо подчеркиваются антибликовые свойства дисплея, чем не могут похвастать продукты безымянных китайских конкурентов. Корпус книги сделан по всем канонам стиля и красоты, несмотря на невысокую стоимость, корпус очень тонкий и не достигает даже толщины в 10 мм. Внутри установлена литий-полимерная батарея, которая и делает корпус таким тонким, правда, её емкость уменьшена до 1000 мАч, как у модели PocketBook 360 Plus. Парадигма управления новой «читалкой» похожа на модели серии 360, тут также две кнопки перелистывания страниц с круглой кнопкой-джойстиком посередине. Джойстик позволяет прокручивать пункты меню в четырех направлениях и подтверждать выбор пункта средней кнопкой, расположенной внутри кольца – такой классический NaviPad.

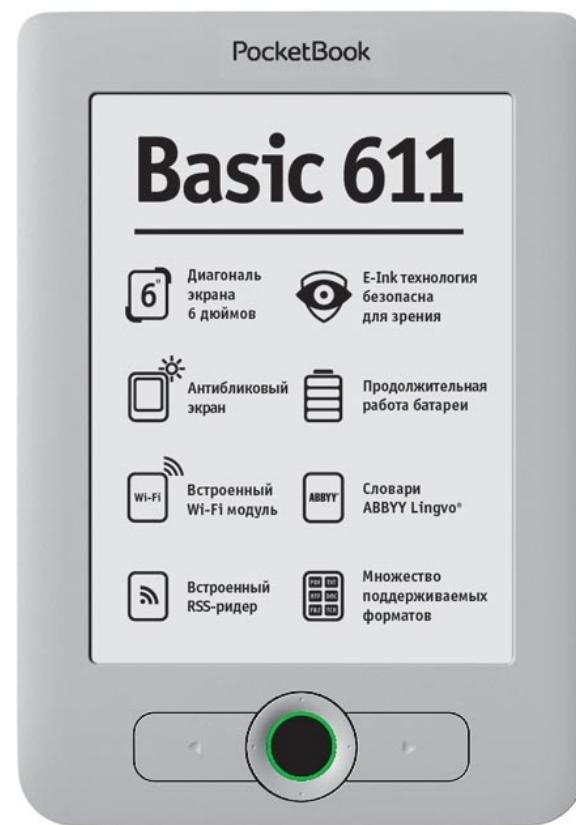
Аппаратная начинка книги впечатляет. Платформа – 800-МГц процессор Freescale, который не встретишь и в более дорогих про-



дуктах, плюс 128 Мб оперативной памяти. Все это вместе позволяет с быстрой молнией открывать объемные документы и терпимо «ворочать» тяжеленные PDF-файлы с большим количеством картинок. Встроенное хранилище книги, забитое наполовину произведениями литературных классиков, имеет объем 2 Гб. Вместе с лишней парой тысяч рублей стоимости, PocketBook 611Basic потеряла и привычный для «читалок» аудиовход-миниджек для наушников, поэтому любители музыкального сопровождения романов А. Дюма будут вынуждены прибегнуть к внешним решениям: напевать самостоятельно, использовать музыкальный центр или карманный плеер. А вот слот для карт памяти, роль которых традиционно выполняют MicroSD, в том числе с поддержкой большого объема – до 32 ГБ – сохранен, и расположен на нижней грани устройства, рядом с разъемом USB. Кроме того, еще одной полезной особенностью нового ридера является наличие модуля Wi-Fi. В результате добавился интернет-обозреватель, с помощью которого можно просматривать сайты в интернете, а также ридер RSS-лент. Поэтому владельцу PocketBook 611 Basic не понадобится компьютер для поиска и скачивания книг. Плохо одно: удобство работы с браузером без использования сенсорного дисплея (а дисплей в данной модели как раз несенсорный) или кнопочной панели для ввода символов делает набор адреса или поискового запроса долгой и нудной процедурой. Если для чтения книг хватает и пару кнопок, то для ввода символов одной экранной клавиатуры и джойстика недостаточно. Кроме того, удешевление коснулось и сенсора ориентации – его просто нет, поэтому автоповорота изображения на экране не предусмотрено.

Функциональность же ридера находится на высоком уровне. Книги действительно быстро загружаются, листаются без задержек, а традиционная поддержка всех популярных на постсоветских просторах форматов делает книгу очень удобной. Да и с кодировками проблем нет – даже самые капризные кириллические страницы отображаются. Есть возможность просмотра цифровых фотографий – дисплей поддерживает 16 градаций серого цвета, а поддержка файлов позволяет загружать в память ридера фото всех популярных форматов, кроме профессиональных и RAW-образов.

Стоит модель около 5,500 рублей, что весьма неплохо для качественно изготовленного ридера с интернет-функционалом и поддержкой большинства форматов книг.



История ARM: с конца 20 века до наших дней

Окончание. Начало в предыдущем номере (Декабрь 2011)

На рубеже столетий

Компания, обновившая свое название до ARM Holdings plc, уверенно попрощалась с двадцатым веком. В 1999 она была включена в базу расчёта фондового индекса FTSE 100, который считается одним из наиболее влиятельных биржевых индикаторов в Европе. Тем самым ARM Holdings plc доказывала, что является одной из ста компаний с наибольшей капитализацией, включенных в списки Лондонской фондовой биржи.



Штаб-квартира ARM Holdings plc (корпус I), в кембриджском технологическом парковом комплексе Питерхаус

В том же году такие крупные игроки на рынке электронной продукции и компонентов, как STMicroelectronics, Fujitsu и LSI Logic, приобрели лицензии на продукцию ARM. Плодотворное партнерство с этими компаниями продолжается и по сей день. Когда

STMicroelectronics приобрела лицензию на процессор ARM7TDMI, способный работать при питающем напряжении всего 0.9 В, Пит Мэгоун, вице-президент европейского подразделения ARM, сказал прессе: «Сегодняшняя договоренность демонстрирует нашу стратегию партнерства с ведущими компаниями в сфере электроники, контролирующими основу появления технологий в этой отрасли. Благодаря своей широкой технологической базе, компания STMicroelectronics теперь будет иметь возможность применять продукт интеллектуального труда ARM в самом сердце полупроводниковых систем, используемых для широкого спектра коммуникативных приложений, и мы предвосхищаем те результаты, которые принесет наше сотрудничество».

В техническом плане 1999 год стал для ARM также плодотворным. Весной компания представила новую модель процессора ARM9E, сочетающего традиционное ядро процессора ARM9 с расширенным набором команд цифровой обработки сигналов (DSP). Он быстро нашел свою нишу в мобильной телефонии, модемах, персональных информационных устройствах (PDA), средствах распознавания речи, автомобильных и промышленных приложениях. Впоследствии лицензию на этот процессор приобрели Samsung,



Texas Instruments, Broadcom, Toshiba, NEC и многие другие компании. Помимо новой модели процессора, компания представила свой новый стандарт периферии PrimeCell Peripherals. По сути дела, это специально разработанные ядра, совместимые с AMBA (улучшенной архитектурой шины микроконтроллеров) для интеграции в системы-на-кристалле (SoC). Семейство PrimeCell Peripherals включает в себя контроллеры интерфейса UART (PL010, PL011), контроллеры памяти SDRAM и FLASH (PL172), DMA и т.д. Эта технология позволила проектировщикам сэкономить время и средства, сфокусировавшись непосредственно на разработке SoC, вместо того, чтобы распределять ресурсы на проектирование периферии и SoC по отдельности.

В 2000 году лицензии на интеллектуальную продукцию ARM приобрели еще 8 компаний. Это были Agilent, Altera, Micronas, Mitsubishi, Motorola, Sanyo, Triscend и ZTEIC. В том же году ARM Holdings предприняла несколько успешных шагов по расширению. Так, в апреле была приобретена компания Infinite Design Ltd, находившаяся в британском городе Шеффилде и занимавшаяся разработкой микросхем. В сентябре ARM поглотила еще одну фирму – Allant Software. Примечательно, что эта компания была представлена всего лишь пятью сотрудниками, но руководство ARM Holdings plc обратило внимание на их продукцию – специализированный набор отладки многоядерных систем. Уоррен Ист, вице-президент ARM Holdings plc, предположил, что это будет способствовать процессу разработки и отладки сложных SoC-решений, и сделка состоялась.

Летом 2000 года ARM подписала контракт с еще одной компанией, CoWare, на этот раз на основе полного равноправного сотрудничес-

тва. ARM Holdings plc была заинтересована в этой сделке, поскольку несколько партнеров ARM использовали продукт фирмы CoWare под названием N2C. Этот продукт представлял собой набор программных и аппаратных инструментов для упрощения процесса разработки продукции на базе процессоров с ядрами ARM. По результатам соглашения ARM Holdings plc намеревалась использовать N2C для усовершенствования своих SoC и набора периферии PrimeCell. В итоге, это позволило взаимодействовать с партнерами компании на более тесном техническом уровне и избежать ошибок и неувязок на ранних этапах проектирования SoC.

Вершиной коммерческого развития ARM Holdings стало создание в 2000 году новой бизнес-модели, получившей название ARM Foundry Program. В рамках этой модели компании, не владеющие собственной производственной базой, смогли получить доступ к изготовлению ARM-систем сертифицированными производителями. Это, в свою очередь, способствовало сокращению времени выхода на рынок конечного продукта на базе процессора ARM, так как OEM производитель теперь мог напрямую работать с фирмой-производителем, одобренной ARM. В отличие от ставшей уже тогда классической схемы лицензирования, при которой передавались права, как на проектирование, так и на производство микросхем, новая модель предусматривала трехстороннее партнерство между ARM Holdings plc, фирмой-производителем и OEM-компанией. Первыми партнерами ARM в рамках этой программы стали два крупных тайваньских производителя полупроводниковых приборов – TSMC и UMC. На сегодняшний день TSMC – крупнейший в мире производитель полупроводниковых пластин, которому

принадлежат восемь фабрик, и клиентами которого являются такие гиганты цифровой индустрии, как Apple, Altera, Xilinx, Broadcom и пр.

Первая половина нулевых

В 2001 году на проходящем ежегодно в калифорнийском городе Сан-Хосе микропроцессорном форуме ARM представила архитектуру ARMv6, разработанную в тесном сотрудничестве с такими лицензиатами компаний как Intel Corporation, Motorola и Texas Instruments. Такой подход шаг позволил расширить возможности архитектуры при сохранении совместимости с более ранними ARM-продуктами, в первую очередь, на программном уровне. Это способствовало сокращению затрат партнеров компании на разработку нового программного обеспечения. Процессоры ARMv6 отличались от предыдущих версий повышенной на 30 % общей производительностью, восьмикратно увеличенной производительностью для медиа приложений, лучшей поддержкой многопроцессорных систем.

В октябре того же года Уоррен Ист, ключевая фигура в истории развития бизнеса ARM, стал главным исполнительным директором компании. На этом посту он пребывает и по сегодняшний день. До того, как присоединиться к ARM в 1994, он работал в команде Texas Instruments. В феврале 1998 года Ист был назначен на должность вице-президента компании, а в октябре 2000 года – на должность главного операционного директора. И ровно через год он занимает кресло исполнительного директора, официально став первым лицом ARM Holdings plc. Будучи дипломированным инженером, он также является членом Королевской инженерной академии наук, Института инжиниринга и технологий и Дипломиро-

ванного института менеджмента. Под руководством Уоррена Иста компания ARM продолжила успешное развитие.



Уоррен Ист, главный исполнительный директор ARM Holdings plc

Свой успех компания подтвердила громким заявлением о том, что 2002 году на основе архитектуры ARM было произведено более одного миллиарда процессоров. В этот же период лицензии приобретаются еще рядом крупных компаний, среди которых Seagate, Philips, Matsushita, eSilicon, Chip Express и другие.

Приблизительно через полгода после анонсирования ARMv6 компания представила ARM11 – новый тип микроархитектуры, разработанный специально для нужд беспроводных и потребительских устройств следующего поколения, предъявляющих особые требования в плане энергопотребления при сохранении высокой производительности. И эти требования были удовлетворены показателем 0.6 мВт/МГц при напряжении питания 1.2 В. Вычислительная производительность ядра по эталонному целочисленному тесту Dhrystone составила до 1238 MIPS на частоте 1 ГГц. Микроархитектура разрабатывалась при консультативной поддержке разработчиков операционных систем WindowsCE, Symbian OS, Palm OS, и Linux, что позволило с успехом исполь-

зователь ARM11 в таких популярных устройствах как iPhone (2G и 3G), iPod Touch (1G и 2G), HTC Touch Diamond, LG Optimus One, Nokia 5800 XpressMusic, Nokia N8, Samsung Galaxy Ace и многих других.

В конце 2002 года ARM Holdings plc объявила о начале разработки версии 3.0 стандарта AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) внутренней шины для построения систем на кристалле, и как обычно, в соответствии с открытой к сотрудничеству политикой ARM, были приглашены ее многочисленные партнеры. В итоге, к началу декабря 25 ведущих компаний в сфере электронного и полупроводникового производства заявили о готовности оказывать всяческую техническую поддержку и вносить свой вклад в процесс разработки новой спецификации стандарта. Среди них были Agilent, Atmel, Infineon, LSI Logic, Motorola, NEC Electronics Corporation, Philips Semiconductors, Samsung, STMicroelectronics, Toshiba и другие. Летом 2003 года работа была завершена.

В 2003 году ARM Holdings plc сделала еще один шаг, верный как в техническом, так и коммерческом отношении, приобретя бельгийское подразделение голландской компании Adelante Technologies Holding B.V. Adelante Technologies Belgium, на момент покупки имевшая в штате 25 сотрудников, была ведущим поставщиком технологий проектирования специализированных процессоров для обработки больших потоков данных. Стороны быстро пришли к соглашению, так как бельгийцы считали, что компания ARM наиболее подготовлена для развития этой технологии. В итоге, объединение интеллектуальной собственности Adelante Technologies Belgium и архитектуры ARM принесло новые выгоды клиентам обеих компаний.

В середине октября следующего года в названии новой серии процессоров ARM впервые использовала слово, знакомое сейчас практически каждому эмбеддеру, – «Cortex». Анонсированный в качестве первого представителя нового семейства, процессор ARM Cortex-M3, по сути, стал флагманом этой серии. Основанный на архитектуре ARMv7-M, он имеет показатель производительности 1.25 DMIPS/МГц. Представлением этого ядра компания подчеркнула свою направленность на создание дешевой, но, в то же время, качественной продукции с высокими характеристиками. Ядро, имеющее всего 33000 транзисторов, унифицированная периферия и простота производства в целом делает данный процессор очень дешевым. Чего только стоит недавнее предложение STMicroelectronics о продаже 32-битных микроконтроллеров STM32F100C4T6B на ядре Cortex-M3 за \$0.99! Показатель энергопотребления процессоров Cortex-M3 составляет всего 0.19 мВт/МГц. В результате, естественной средой обитания этих процессоров стали микроконтроллерные приложения, о чем, собственно, и говорит литера M.



Микроконтроллер STM32F100

Компания не захотела оставаться в стороне и от набирающего обороты рынка многоп-

роцессорных систем. В связи с этим ARM разработала многопроцессорную технологию MPCore, представленную в мае 2004 года на проходившем в Сан-Хосе форуме, посвященном встраиваемым системам. Но еще в июле 2003 года на конференции MPSOC компания представила концепцию своей будущей многопроцессорной системы. Процесс разработки проходил при тесном взаимодействии с партнером ARM – NEC Electronics. В результате NEC Electronics стала первой использовать новые процессоры в своей продукции для потребительской электроники, автомобильного рынка и рынка мобильной связи. Сама многопроцессорная система была построена на базе архитектуры ARMv6 и могла содержать от одного до четырех процессоров, обеспечивая максимальную производительность 2600 Dhystone MIPS. Применение энергосберегающей технологии Intelligent Energy Manager компании ARM позволило сократить уровень энергопотребления до 85%. Также в процессорную систему была включена поддержка 64-битных AMBA AXI интерфейсов и функция адаптивного отключения, которая на время выводила из работы неиспользуемые процессоры.

В 2005 году компания представила еще одну архитектуру процессоров семейства Cortex, но уже не для микроконтроллеров (процессоры с литерой M), а для широкого диапазона приложений (процессоры с литературой A или Applications processors) – Cortex-A8. Благодаря высокой производительности, достигающей уровня 2000 Dhystone MIPS, и эффективному энергопотреблению, менее чем 300 мВт, новый процессор стал с успехом применяться в мобильных телефонах, игровых приставках, автомобильных навигационных и развлекательных системах и пр. В Cortex-A8 была при-

менена новейшая на тот момент процессорная технология NEON, нацеленная на обработку аудио, видео и 3D-графики. С этой технологией процессор мог декодировать видео формата MPEG-4 VGA с частотой 30 кадров в секунду на 275 МГц и видео формата H.264 на 350 МГц. Cortex-A8 имеет широкую поддержку операционных систем высокого уровня, например Linux и Android, и операционных систем реального времени (Nucleus, Neutrino, VxWorks и т.п.). Этот процессор стал настолько успешным, что в итоге, авторитетное издание в области микропроцессорных технологий Microprocessor Report признало Cortex-A8 лучшим продуктом 2005 года. Впрочем, и сама компания ARM не осталась без награды. В конце 2005 года американский журнал Electronic Business причислил ARM Holdings plc к десятке наиболее значимых компаний в сфере электроники за последние 30 лет. Помимо ARM, в этом списке присутствовали также Applied Materials, Intel, Sony, Texas Instruments и другие. Издание охарактеризовало компанию как «яркую точку полупроводникового IP-бизнеса». Такое признание успехов как бы подводило черту в отчете о проделанной плодотворной работе за первую половину нулевых годов и устремляло компанию к новым горизонтам.

Вторая половина нулевых

Шестой год двадцать первого века также преподнес ARM Holdings приятный сюрприз. Компания была представлена к награде CMS Cameron McKenna Business of the Year Award, ежегодно вручаемой тем фирмам, которые продемонстрировали наиболее впечатляющие успехи в области финансового оборота, уверенного роста и развития инновационных бизнес-стратегий. Эта награда является час-

тью более престижной британской премии Business Of The Year, на которую ARM была номинирована в качестве финалиста, и, в итоге, House получила и ее 7 ноября 2006 года на почетной церемонии в лондонском отеле Grosvenor. Премию Business Of The Year в деловых кругах также называют «Оскаром в сфере бизнеса», поэтому получение этой награды – важный шаг в процессе самоутверждения компании и подъема уровня ее авторитета на рынке электронных компонентов и устройств.

Несмотря на успех недавно разработанной продукции и нахлынувший поток наград, компания не стала расслабляться и сбавлять темпы создания новейших конкурентоспособных процессоров и технологий. Так, в мае 2006 года ARM анонсировала третью ветвь линейки Cortex с литерой R (для систем реального времени). Первенец этого семейства Cortex-R4 был предназначен для таких приложений как мобильные телефоны следующего поколения, приводы жестких дисков, принтеры, автомобильная электроника. Внушительный показатель производительности для такого класса устройств (до 1030 DMIPS) позволили ему качественно обрабатывать сложные алгоритмы управления в условиях реального времени, а малое энергопотребление ядра (примерно 0.09 ... 0.12 мВт/МГц, в зависимости от конфигурации) сделало его популярным для широкого класса изделий. В общем, ARM успешно заняла очередную нишу на рынке процессоров.

Не смея бросать развитие других ответвлений семейства Cortex, компания в следующем году разработала Cortex-M1 – первый ARM-процессор, специально спроектированный для встраивания в FPGA. В разработке нового процессора с ARM вплотную сотрудничала

компания Actel, которая и стала первым обладателем лицензии на Cortex-M1, а также получила возможность совместно с ARM Holdings plc представлять новый продукт на конференции в Сан-Хосе. А уже через полгода, осенью 2007, на четвертой ежегодной конференции ARM Developers' Conference, проходившей в калифорнийском городе Санта-Клара, ARM анонсировала процессор Cortex-A9, который впоследствии приобрел огромную популярность. Компания предложила этот процессор сразу в двух вариантах – одноядерном и многоядерном с использованием технологии MPCore. С тактовой частотой до двух гигагерц и производительностью 2.5 DMIPS/МГц на ядро Cortex-A9 стал настоящим монстром на рынке процессоров. В связи с этим неудивительно, что еще до релиза лицензию на процессор поспешили приобрести такие гиганты как NEC Electronics, NVIDIA, Samsung, STMicroelectronics и Texas Instruments. Он стал использоваться в смартфонах, мобильных компьютерах, различной потребительской электронике, автомобильных системах навигации и развлечения, сетевых устройствах и пр. Достаточно сказать, что два популярных сегодня продукта компании Apple – планшетный ПК iPad2 и смартфон iPhone4S используют систему-на-кристалле Apple A5, содержащую процессор Cortex-A9 MPCore с ускорителем NEON SIMD.

Но сотрудники компании работали не только на развитие семейства Cortex. Так, в феврале 2007 года миру электроники был представлен очередной продукт от ARM, который также был «обречен» стать успешным. На этот раз им стала архитектура двух графических процессоров (GPU) – Mali200 и Mali55. Первый предназначался для обработки сложной 3D графики мобильных игр следующего поколе-

ния в смартфонах и других современных портативных устройствах, а второй, благодаря очень компактным размерам и низкой стоимости, предназначался для работы с 3D в бюджетных телефонах. Впрочем, оба графических процессора поддерживали как маленькие дисплеи, так и экраны с разрешением HDTV. В итоге, через три года Mali была признана GPU-архитектурой, лицензии на которую приобрело большинство компаний в сфере электронной продукции.

В 2008 году была преодолена очередная «юбилейная» планка уровня производства ARM-процессоров во всем мире, о чем компания торжественно объявила в январе. 10 миллиардов процессоров – такой объем смогла освоить мировая полупроводниковая промышленность с 1991 года, когда ARM разработала свой первый процессор с RISC-архитектурой – ARM6. «Теперь наши партнеры производят более одного процессора на каждого жителя планеты» – таковы были слова Уоррена Иста, вкратце описывающие впечатляющий масштаб данного события. Примечательно, что практически через год, в феврале 2009, на Всемирном конгрессе, посвященном продукции мобильной связи, ARM заявила, что все партнеры компании в совокупности произвели 10 миллиардов процессоров для мобильных приложений. Это косвенно говорит о том, что интеллектуальная продукция фирмы ARM в первую очередь идет на нужды рынка мобильных средств коммуникации.

Но как бы хорошо не обстояло дело на мобильном фронте, команда ARM не собиралась игнорировать разработки в других направлениях. Поэтому в 2009 году на свет появился Cortex-M0 – дешевый 32-разрядный процессор с низким уровнем энергопотребления и небольшим количеством выводов. Он

был предназначен для тех приложений, в которых уже не хватало производительности 8- и 16-битных процессоров, а применение мощных 32-битных было излишним с технической и финансовой точек зрения. Cortex-M0 хорошо зарекомендовал себя в цифровых камерах, медиа проигрывателях, навигационных устройствах, бытовой технике. Но уже спустя год ARM выпустила диаметрально противоположный в плане производительности продукт того же семейства – Cortex-M4. Этот мощный, высокоэффективный 32-разрядный процессор предназначенный для решения задач сложной обработки цифровых сигналов и нацеленный на применение в промышленных приложениях и встраиваемых системах.

В июле 2010 года два титана мира высоких технологий крепко пожали друг другу руки – корпорация Microsoft стала лицензиатом ARM Holdings plc. Эта новость сразу взбудоражила аналитиков рынка электронных компонентов и устройств. Некоторые издания публиковали статьи с заголовками типа «Будет ли следующим микропроцессор от Microsoft?». Впрочем, компании начали работать совместно еще с 1997 года. Это были взаимоотношения в рамках консультаций по поводу разработок программного обеспечения и более качественной его совместимости с аппаратной частью. Но теперь компьютерной общественности было неясно и очень любопытно, что же будет делать Microsoft с новоприобретенными правами. На этот счет главный менеджер корпорации К.Д. Холлман сказала следующее: «С лучшим доступом к технологиям ARM мы сможем усовершенствовать наши исследовательские и проектные работы над продуктами на базе ARM-архитектуры». Это означало, что Microsoft собирается оптимизировать свои операционные системы Windows Embedded и

Windows Phone применительно к ARM-архитектуре. Со стороны же ARM Holdings plc на подобный вопрос о целях софтверного гиганта Ян Дрю, исполнительный вице президент отдела маркетинга, ответил: «Это зависит только от Microsoft, что они собираются с этим делать. Вам лучше пойти и спросить у них».

В завершение первого десятилетия 21 века компания выпустила мощнейший на сегодняшний день процессор из линейки своей продукции – Cortex-A15. Сделанный по технологиям 32 нм и 28 нм, он работает на тактовой частоте до 2.5 ГГц, поддерживает технологию NEON, может иметь до четырех ядер, содержит модуль обработки чисел с плавающей точкой VFPv4 и прочие технически совершенные дополнения. Он нацелен на работу в смартфонах, планшетных ПК, цифровом домашнем оборудовании, серверах и беспроводных точках доступа. По утверждению самой компании, это «самый высокопроизводительный процессор, который когда-либо видела индустрия».

Наши дни

Сегодня ARM Holdings plc представляет собой целую империю в области разработки и продвижения на рынок передовых процессорных технологий. Благодаря конкурентоспособности постоянно обновляемой продукции, доходы компании неуклонно увеличиваются. Так, например, по данным отчетов за первое полугодие 2011 года, выручка в первом квартале составила £116 млн., или \$185.5 млн., во втором – £117.8 млн., или \$190.2 млн. Примечательно, что в первом квартале предыдущего года уровень дохода равнялся £92.3 млн. По словам Уоррена Иста, прибыль за этот период выросла на 35%, а поставки продуктов на базе процессоров ARM увеличились на 33%. В

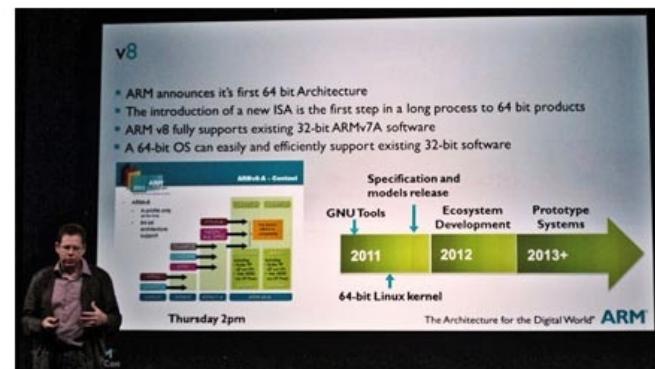
основном, эти высокие показатели были достигнуты благодаря росту рынка смартфонов, планшетов, телевизоров и микроконтроллеров.

На сегодня ARM достигла серьезных успехов не только в финансовой сфере, но и в области взаимодействия с партнерами и расширения своего влияния на рынке электронных продуктов. В 2011 году договоры о приобретении лицензий ARM уже успели подписать Fujitsu Semiconductor, LG Electronics, HiSilicon, Telechips. Получила продолжение и история с Microsoft. Так, представители софтверного гиганта заявили, что новая операционная система Windows 8 будет поддерживать процессоры ARM. Точнее, Windows 8 теперь будет разделена на две ветви: традиционная ПК-версия и версии для систем на чипе ARM. Первая будет поддерживать старые приложения и иметь режим совместимости с ранними версиями Windows. Вторая, классифицирующая ARM-версии операционной системы, будет ориентирована на новое мобильное окружение, оптимизированное для планшетов и смартбуков и, по заверениям корпорации Microsoft, «не сможет исполнять старые программы ни сейчас, ни когда-либо в будущем». Тем не менее, для ARM это отличный шанс дополнительно укрепить свои позиции на рынке мобильных устройств, ведь как бы сейчас не набирал популярность Android, ОС Windows все равно имеет вес и большой авторитет в мире компьютерных технологий.

Не сбавляет темпов компания и в плане разработки новой продукции. В середине октября ARM и TSMC совместными усилиями произвели первый в мире образец процессора ARM Cortex-A15 MPCore по 20 нм технологии. Исполнительный вице-президент и старший менеджер процессорного подразделения ARM

Майк Инглес заявил, что это первый из 20 нм образцов ARM Cortex-A15, который прокладывает путь к следующему поколению интеграции и производительности. Было заявлено, что новая технология от TSMC обеспечит, как минимум, двукратное превосходство в производительности по сравнению с продукцией, сделанной по старой технологии. Не успев переварить еще эту новость, аналитические издания в области электронных компонентов и технологий через неделю получили от компании следующую – ARM Holdings plc представила свою первую 64-разрядную архитектуру, получившую наименование ARMv8. Будучи прямой наследницей 32-разрядной архитектуры ARMv7, ARMv8 имеет два основных режима исполнения: Arch32 и AArch64. В AArch32 поддерживается нынешний набор команд ARM, а в AArch64 доступен новый набор команд, A64. Процессоры, выполненные на базе этой архитектуры, будут использоваться в широком спектре устройств, от миниатюрных датчиков до оборудования для крупномасштабных инфраструктурных проектов. Таким образом, ARM сможет составить уверенную конкуренцию Intel и AMD с их x86 чипами.

На этом более чем двадцатилетняя история компании ARM не заканчивается. Она сме-



Майк Мюллер, технический директор ARM, на презентации новой архитектуры ARMv8

ло смотрит в завтрашний день, с уверенностью, что будет радовать партнеров и потребителей электроники продукцией своего интеллектуального труда. И эта уверенность не безосновательна, ведь на протяжении почти всего времени присутствия ARM на рынке высоких технологий, компании сопутствовали стабильность развития и успех, в отличие, например, от Apple, у которой взлеты иногда сменялись не менее громкими падениями. Но как бы уже не развернулись события, можно смело сказать, что компания ARM внесла огромный вклад в развитие индустрии цифровых технологий и по праву может занимать почетное место среди таких влиятельных в сфере высокотехнологичного бизнеса компаний, как Apple, Intel, AMD и Microsoft.



Открытая платформа Arduino высвобождает творческий потенциал. Arduino Shields – расширение возможностей аппаратной платформы

Окончание. Начало в предыдущем номере (Декабрь 2011)

Arduino – это не специализированный продукт или технология, это экосистема аппаратного и программного обеспечения, инструментов и человеческих ресурсов, и в центре всего – 8-разрядные микроконтроллеры семейства megaAVR, а с не давнего времени и 32-разрядный ARM микроконтроллер на базе ядра Cortex-M3.

Наряду с основной аппаратной платформой – процессорной платой, немаловажную роль играют платы расширения Arduino Shields. Благодаря этим платам и модулям значительно расширяется область применения Arduino, а также открываются новые возможности для простых радиолюбителей и коммерческих разработчиков.

Практически все процессорные платы Arduino благодаря универсальному форм-фактору поддерживают подключение модулей расширения, мезонинных модулей и дополнительных плат, которые присоединяются к шине микроконтроллера и линиям ввода/вывода посредством специальных штыревых разъемов с шагом 2.54 мм. Универсальная система подключения значительно упрощает процесс внедрения в проекты схем расширения с использованием либо промышленных, предварительно собранных плат от раз-

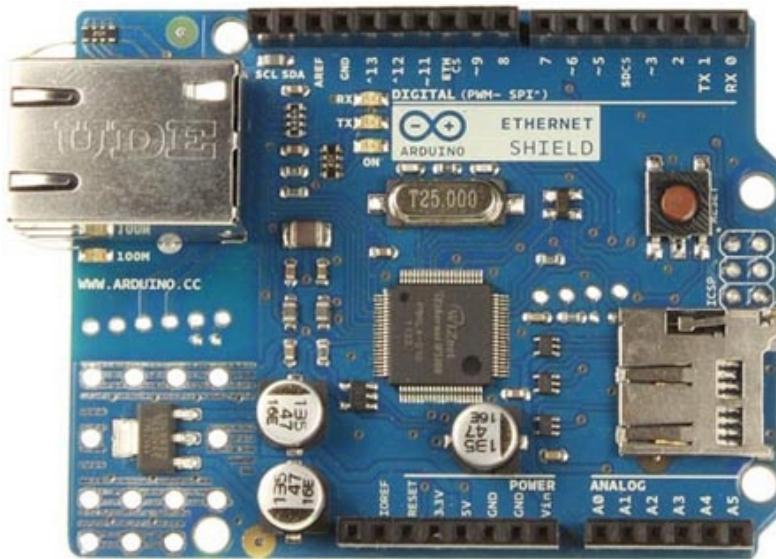
личных производителей, либо одного из представленных на рынке наборов для самостоятельной сборки совместимых по выводам плат расширения.

Открытая платформа Arduino увлекает как любителей, так и коммерческих разработчиков встраиваемых систем, в результате чего появилось множество специализированных плат расширения, включая платы реле, платы АЦП и ЦАП высокого разрешения, платы контроля электрической сети, источников питания и преобразователей, платы драйверов электродвигателей. Arduino легко подключается к проводным сетям, благодаря наличию официальной платы Ethernet Shield, нескольких коммерческих вариантов плат Ethernet и соответствующих программных библиотек.

Официальная плата Arduino Ethernet Shield

С помощью платы Arduino Ethernet Shield подключить платформу Arduino к сети Интернет можно за считанные минуты. Просто соедините модуль с процессорной платой, подключите сетевой кабель с разъемом RJ45 и следуйте несложным инструкциям. В итоге вы получите возможность контролировать свое устройство через Интернет. Каждый элемент

платформы (аппаратная часть, программная часть и документация) доступен бесплатно и имеет открытый код.



Плата расширения Arduino Ethernet совместима с процессорными платами Arduino Mega и Arduino Uno.

Основные характеристики платы расширения Ethernet Shield:

- Требуется процессорная плата Arduino
- Рабочее напряжение 5 В
- Ethernet контроллер Wiznet W5100 со встроенным буфером 16 КБайт
- Скорость подключения 10/100 Мбит/с
- Подключение к Arduino по интерфейсу SPI
- Установлен слот для карт памяти microSD
- Поддержка подключения модуля PoE:
 - IEEE802.3af совместимый
 - Низкие пульсации и шумы выходного напряжения
 - Диапазон входного напряжения 36 ... 57 В
 - Защита от перегрузки и короткого замыкания
 - Выходное напряжение 9 В

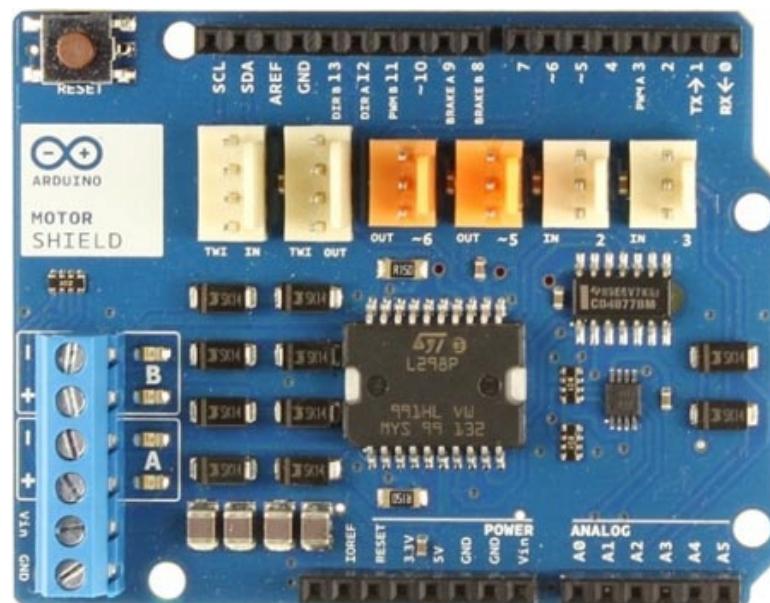
- Высокоэффективный DC/DC преобразователь
- Напряжение изоляции вход/выход 1500 В
- Встроенный контроллер сброса.

Работа с платой расширения, а также с картой памяти осуществляется с помощью программной библиотеки, поддерживающей до 4 одновременных входных подключений по протоколам TCP или UDP. Встроенный разъем RJ45 содержит интегрированный линейный трансформатор и позволяет использовать функцию Power over Ethernet.

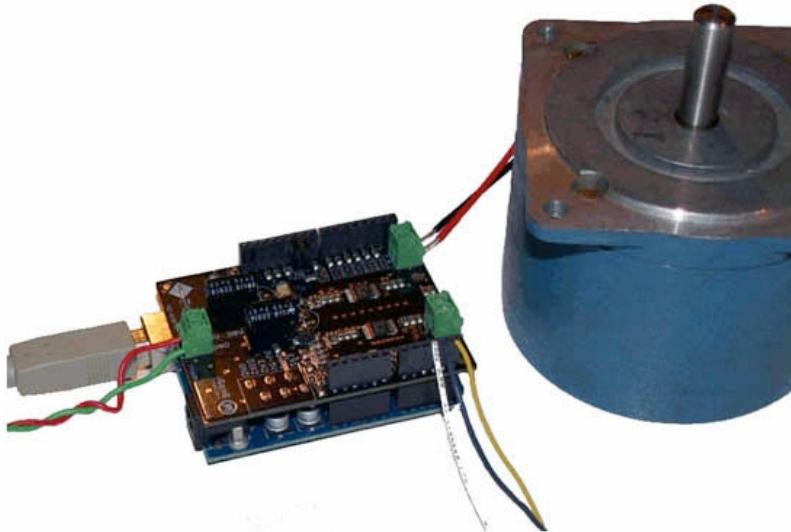
Официальная плата Arduino Motor Shield

Силовой модуль для управления электродвигателями предназначен для упрощения разработки робототехнических устройств и моторизированных систем.

Модуль выполнен на базе полномостового драйвера L298, предназначенного для управления индуктивной нагрузкой (реле, соленоиды, двигатели).



Официальная плата Arduino Motor Shield может управлять двумя электродвигателям с контролем скорости и направления вращения.



Рассчитанная на рабочее напряжение до 30 В и рабочий ток до 2.8 А, эта коммерческая плата предназначена для управления двумя электродвигателями постоянного тока и может применяться в робототехнике или других моторизированных приложениях.

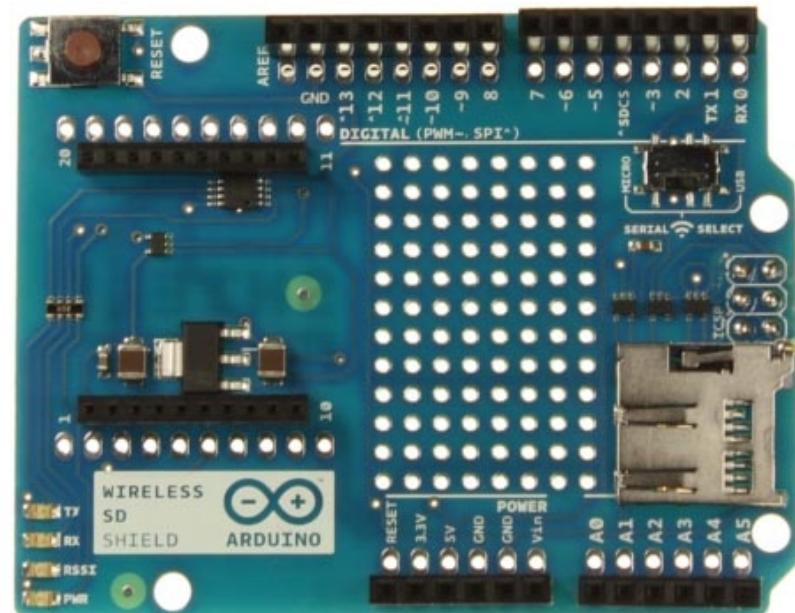
ды, двигатели постоянного тока и шаговые двигатели) и позволяет работать с двумя электродвигателями, контролируя скорость и направление вращения каждого независимо. Модуль рассчитан на работу только от внешнего источника питания.

Основные характеристики Arduino Motor Shield:

- Одновременное управление двумя электродвигателями постоянного тока или одним шаговым двигателем
- Независимый контроль скорости и направления движения
- Рабочее напряжение 5 ... 12 В
- Установлен интегральный драйвер управления индуктивной нагрузкой L298
- Максимальный ток 2 А на канал, или общий максимальный ток 4 А
- Возможность измерения тока, потребляемого каждым двигателем (1.65 В/А).

Платы для беспроводных коммуникаций

На сегодняшний день приобретают большую популярность беспроводные устройства (системы безопасности, устройства управления и контроля, датчики и исполнительные механизмы), действующие по различным беспроводным протоколам. Проекты на базе Arduino идут в ногу со временем, благодаря возможности простого добавления беспроводных функций. Коммерческие платы расширения и модули, которые поддерживают ZigBee, Bluetooth и IEEE 802.11 протоколы также доступны для пользователей. Кроме того, имеется несколько плат, которые содержат завершенные сотовые трансиверы на базе GSM с поддержкой GPRS сервиса и подключаются к платформе Arduino Uno и Mega с питанием от интерфейса USB.



Официальная плата расширения Arduino Wireless SD Shield используется для организации беспроводной передачи данных с использованием, в основном, беспроводных модулей Xbee. Однако возможно использование и других беспроводных модулей с соответствующей топологией платы.

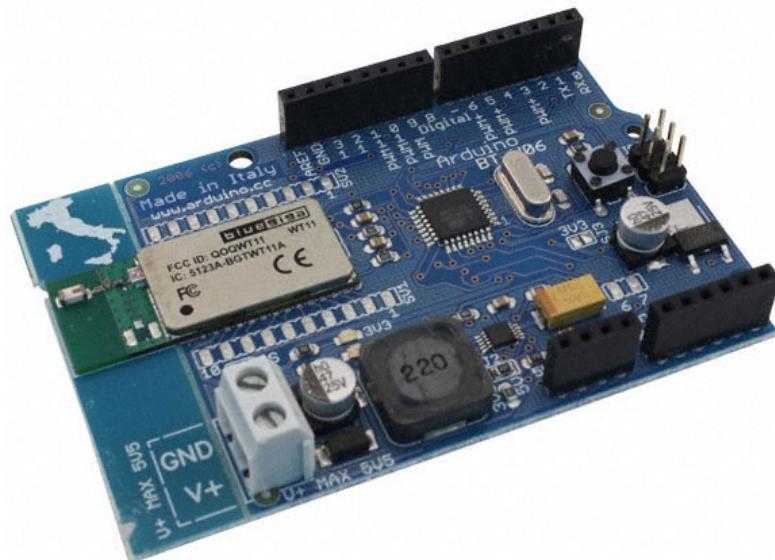
Официальная плата *Arduino Wireless SD Shield* добавляет возможность беспроводного обмена с отладочной платой. В основном, плата расширения рассчитана на подключение модулей XBee, однако возможно использование и других модулей с соответствующей топологией. Кроме того, на плате установлен слот для карт памяти SD, имеется небольшая область для макетирования и переключатель, который выбирает режим обмена с беспроводным модулем.



Плата расширения Xbee Shield (Digi-Key) с установленным радиомодулем.

Плата *Arduino BT* (Digi-Key) – это завершенная плата на базе микроконтроллера ATmega168 и беспроводного модуля Bluetooth Bluegiga WT11, обеспечивающая обмен по протоколу Bluetooth. Она имеет 14 цифровых входов/выходов (6 из которых могут использоваться как ШИМ выходы), 6 аналоговых входов, квадцевый резонатор 16 МГц, разъем внутрисхемного программирования. Отличи-

тельной особенностью является возможность программирования микроконтроллера по беспроводному интерфейсу.



Плата *Arduino BT* (Digi-Key) выполнена на микроконтроллере ATmega168 и модуле Bluegiga WT11.

Следует напомнить, что все официальные продукты Arduino имеют открытый код, т.е. для пользователей доступны принципиальные схемы плат, файлы топологии, программные библиотеки и демонстрационные приложения.

Во многом таким же образом, как платформа с открытым исходным кодом Linux постепенно внедрялась в коммерческий рынок, низкая стоимость и универсальность Arduino начинают привлекать к себе коммерческих разработчиков аппаратного обеспечения и встраиваемых систем. Хотя многие начальные и базовые приложения были разработаны для любителей и студентов, ожидается, что технология Arduino, использующаяся для их создания, быстро проложит себе дорогу к промышленным продуктам. ■

Способы снижения погрешности цифровых потенциометров

Intersil Corporation

Типичное отклонение сопротивлений поликремневых резисторов в цифровых потенциометрах (ЦП) лежит в диапазоне $\pm 20\%$. Однако относительная точность согласования элементов резистивной матрицы очень высока, их погрешность обычно не превышает $\pm 1\%$, а часто бывает еще лучше. Это различие между относительной и полной точностью необходимо принимать во внимание при проектировании, чтобы минимизировать, или совсем избежать настроек схемы на этапе производства. В этом руководстве мы обсудим влияние точности ЦП на характеристики схем и некоторые способы ее повышения на уровне окончательной системы.

В большинстве приложений ЦП используются либо как делители напряжения, либо как переменные резисторы.

Режим делителя напряжения

При использовании ЦП в качестве делителя напряжения выводы R_H и R_L соединяются с шинами питания, при этом конечная точность напряжения на движке R_W зависит только от качества согласования сопротивлений внутренних резисторов и будет одинаковой для всех ЦП одного типа, независимо от отклонения общего сопротивления. Это легко объясняется тем, что напряжение между выводами R_H и R_L делится между определенным коли-

чеством отводов, т.е., масштабируется между n одинаковых резистивных элементов цепочки делителя. К примеру, для схемы, изображенной на Рисунке 1, выходное напряжение V_{OUT} при положении движка m можно вычислить по Формулам 1 и 2:

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_{TOTAL}} \cdot \frac{R_{TOTAL}}{n-1} \cdot m \quad (1)$$

или:

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{n-1} \cdot m \quad (2)$$

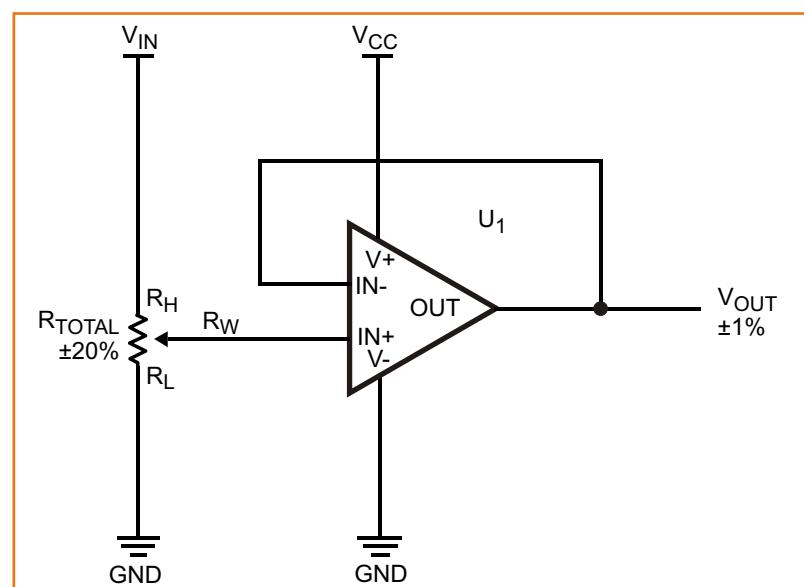


Рисунок 1. Точный делитель напряжения.

где

n – общее количество отводов,

m – текущая позиция движка,

R_{TOTAL} – общее сопротивление ЦП.

Как видно из Уравнения 2, общее сопротивление сократилось и исчезло из выражения. Это означает, что никакого влияния на V_{OUT} оно не оказывает. Однако, если хотя бы к одному из выводов R_H или R_L подключен другой резистор, точность выходного сигнала становится функцией точности номиналов резисторов ЦП. Это связано с тем, что масштабный коэффициент перестает быть одинаковым для всех элементов делителя (Рисунок 2).

Выходная функция изображенной на Рисунке 2 схемы с резисторами R_1 и R_2 описывается Уравнением 3:

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_1 R_{TOTAL} R_2} R_2 \frac{R_{TOTAL}}{n-1} m \quad (3)$$

Заметим, что сопротивление движка в расчет не принимается, так как на погрешность

данной схемы оно никак не влияет, если допустить, что параметры ОУ идеальны.

Реостатный режим

При использовании ЦП в качестве переменного сопротивления его выходная точность начинает определяться суммой начальной погрешности ($\pm 20\%$) и дополнительной ошибкой, вносимой сопротивлением движка, поскольку ключи движка неидеальны (имеют небольшое сопротивление, типичное значение которого 70 Ом) и неодинаковы для различных отводов. Влияние сопротивления движка можно уменьшить в реостатной конфигурации, когда движок соединен с одним из выводов ЦП (Рисунок 3а).

В реостатной конфигурации (Рисунок 3а) сопротивление движка оказывается включенным параллельно с частью цепочки резисторов, что приводит к появлению зависимости от выбранного положения движка.

Другая возможная конфигурация, где один из выводов ЦП оставлен свободным, изображена на Рисунке 3б. В этом случае сопротивление движка известно, так как всегда приво-

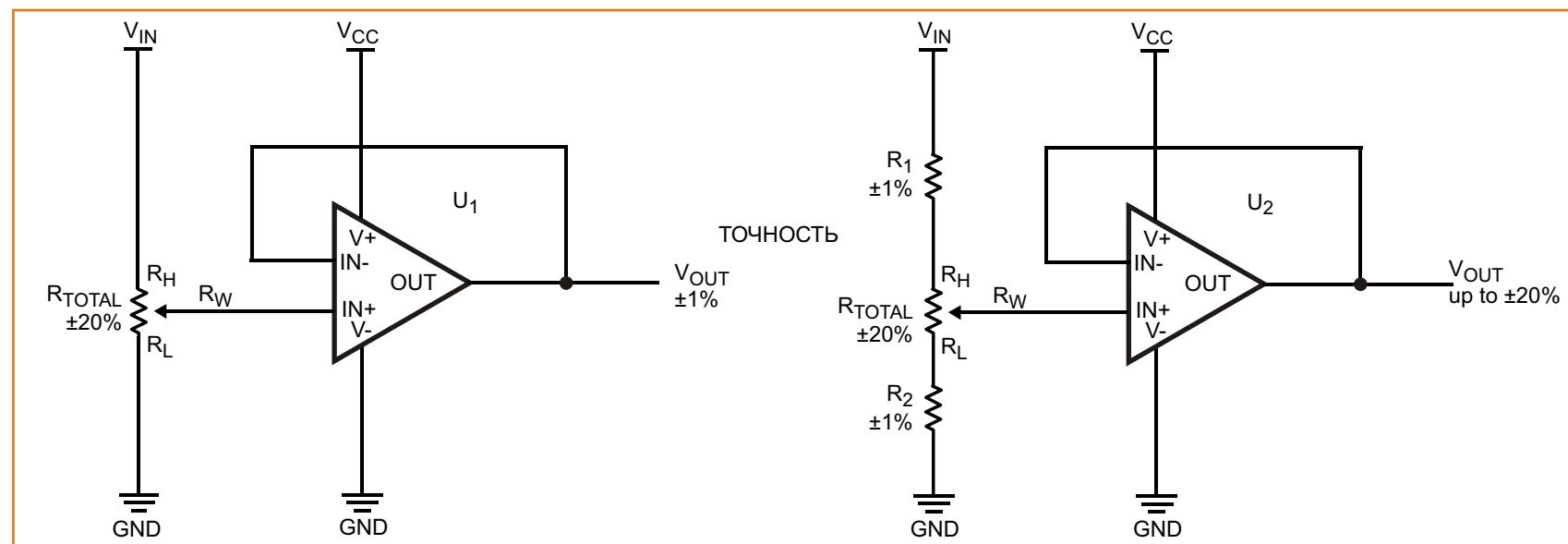


Рисунок 2. Точность этих схем неодинакова.

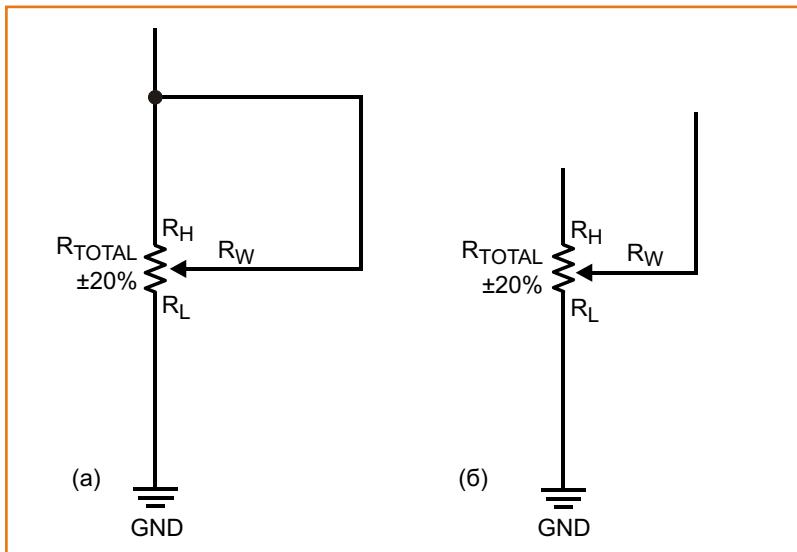


Рисунок 3. Режимы реостата и переменного сопротивления.

дится в технических характеристиках в форме графика (Рисунок 4), что намного упрощает вычисление общего сопротивления для любого отвода. Если движок находится в положении m , для расчета сопротивления можно использовать Уравнение 4:

$$R_m = \frac{R_{TOTAL}}{n-1} m R_{WIPER} R_{OFFSET} \quad (4)$$

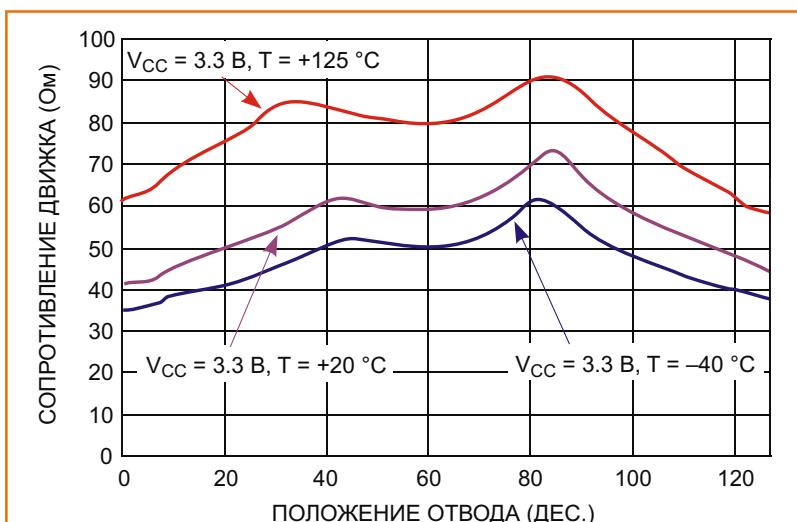


Рисунок 4. Зависимость сопротивления движка от положения отвода для ЦП 10 кОм.

где

R_m – сопротивление реостата,

R_{WIPER} – сопротивление движка,

R_{OFFSET} – сопротивление смещения (приводится в технических спецификациях).

Примеры решений, улучшающих точность схем с цифровыми потенциометрами

Несмотря на то, что начальная точность обычного ЦП находится в диапазоне $\pm 20\%$, ошибку приложения, использующего ЦП, можно уменьшить с помощью ряда несложных приемов. Например, после небольшой модификации схемы, изображенной на Рисунке 2, ее точность существенно повышается (Рисунок 5).

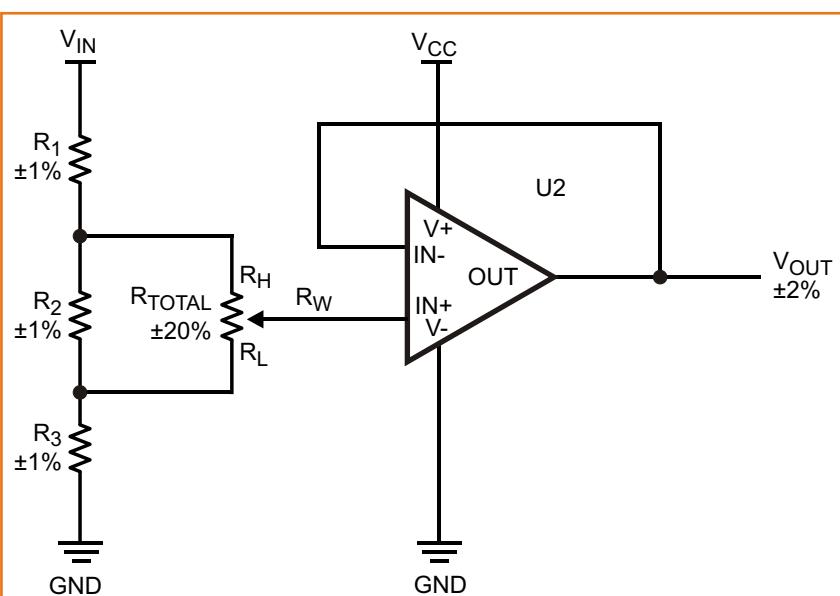


Рисунок 5. Способ повышения точности в режиме делителя напряжения.

В схеме, изображенной на Рисунке 5, входной сигнал V_{IN} делится цепочкой из трех резисторов R_1 , R_2 и R_3 , а ЦП подключен параллельно R_2 . Сохраняя гибкость регулировки выход-

Таблица 1. Цифровые потенциометры в параллельно-последовательной конфигурации с постоянными резисторами

	R_{TOTAL} (кОм)	R_1 (кОм)	R_2 (кОм)	Минимальное сопротивление при $m = 1$ (кОм)	Максимальное сопротивление при $m = 255$ (кОм)	Инкремент (кОм)	Общая ошибка	
							$m = 1$	$m = 255$
Минимум	8	6.742	29.106	5.495	9.786	0.021	-1.08%	-8.50%
Номинал	10	6.81	29.4	5.555	10.695	0.026		
Максимум	12	6.878	29.694	5.615	11.541	0.031	1.08%	7.90%

ного напряжения, такая конфигурация обеспечивает намного более низкую погрешность. Заметим, что для достижения хорошей точности сопротивление R_{TOTAL} должно в 5-10 раз превышать значение R_2 .

Можно добиться еще более высокой точности с помощью параллельно-последовательной комбинации ЦП и прецизионных постоянных резисторов (Рисунок 6).

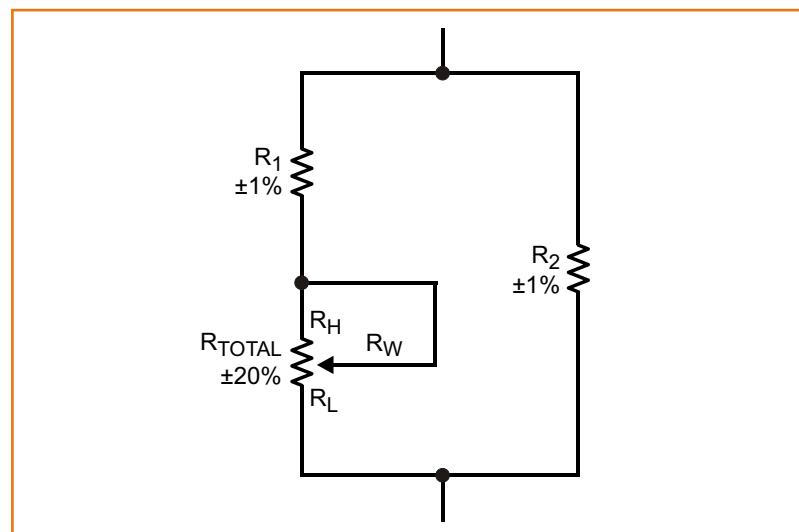


Рисунок 6. Цифровой потенциометр с постоянными резисторами в параллельно-последовательной конфигурации.

Например, включив 256-позиционный ЦП с сопротивлением 10 кОм и точностью ±20% по схеме, изображенной на Рисунке 6, можно

получить переменный резистор с диапазоном сопротивлений от 5.5 кОм до 10.695 кОм и погрешностью от ±1.1% до ±8.5% (Таблица 1).

Прецизионные решения не обязательно требуют особых схемотехнических приемов. Так, компания Intersil выпускает прецизионный ЦП ISL22317 со 128 отводами, точностью 1% и энергонезависимой памятью для запоминания положений движка. Микросхема доступна в вариантах полного сопротивления 10, 50 и 100 кОм и может быть сконфигурирована либо как двухвыводной переменный резистор, либо как трехвыводной потенциометр. Благодаря специальной схеме компенсации, ISL22317 имеет нулевое сопротивление движка, что в совокупности с низким температурным коэффициентом и высокой начальной точностью делает ненужным использование сложных алгоритмов.

Еще одно применение ЦП – замена ЦАП в некоторых приложениях. В большинстве случаев, если в схеме требуется тонкая подстройка в ограниченном диапазоне, 8-битный ЦП обеспечит лучшее разрешение, нежели 10-битный ЦАП. Разрешение ЦП, в зависимости от количества отводов и разности напряжений между выводами, показано в Таблице 2.

Таблица 2. Разрешающая способность цифровых потенциометров в зависимости от количества отводов

Разность напряжений между выводами ЦП: $V_H - V_L$	Разрешение, мВ						
	16 отводов	32 отвода	64 отвода	100 отводов	128 отводов	256 отводов	1024 отвода
	4 бита	5 бит	6 бит	7 бит	7 бит	8 бит	10 бит
10 В	667	323	159	101	79	39	10
9 В	600	290	143	91	71	35	9
8 В	533	258	127	81	63	31	8
7 В	467	226	111	71	55	27	7
6 В	400	194	95	61	47	24	6
5.5 В	367	177	87	56	43	22	5
5 В	333	161	79	51	39	20	5
4 В	267	129	63	40	31	16	4
3 В	200	97	48	30	24	12	2.9
2 В	133	65	32	20	16	8	2.0
1 В	67	32	16	10	8	3.9	1.0
0.5 В	33	16	8	5	3.9	2.0	0.5

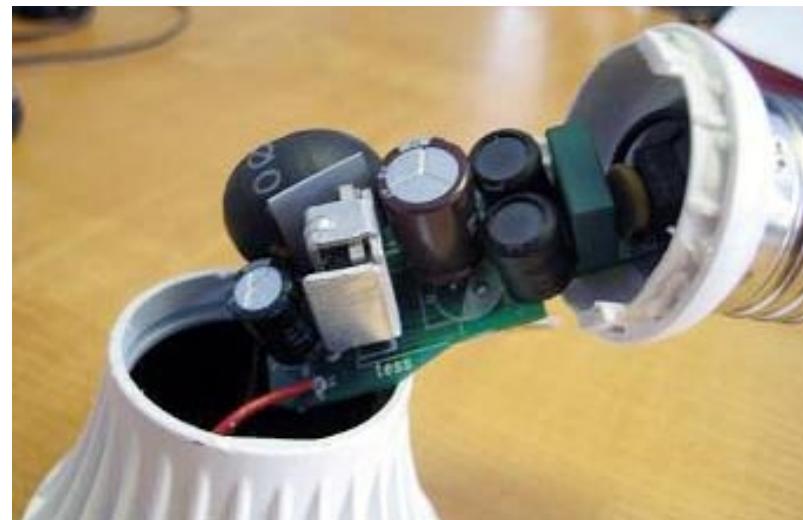
Почему светодиодная лампа проработала меньше, чем лампа накаливания?

Margery Conner



EDN

Почти два года назад тайваньская компания TESS прислала мне две 7-ваттные светодиодные лампы: одну с теплым, а другую с холодным белым свечением. Холодную лампу я разобрала, чтобы изучить ее устройство, а затем, вернув все, за исключением защитной пластиковой оболочки, на свои места, вставила лампу в потолочный светильник прачечной.

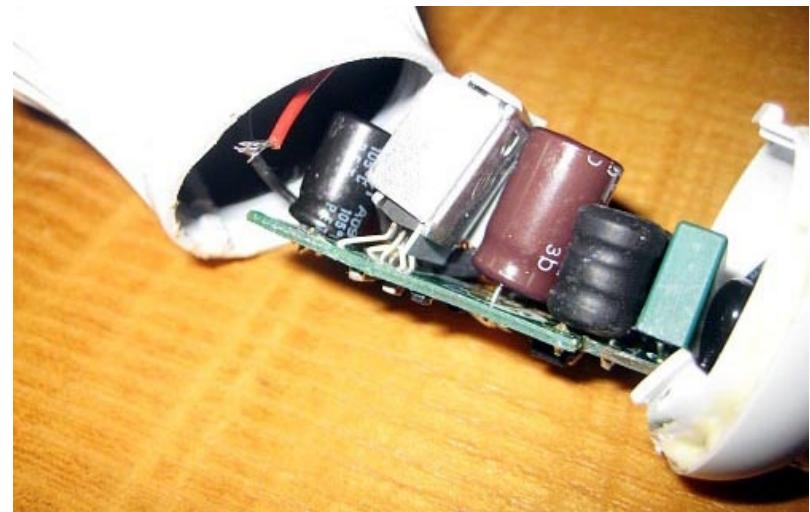


Источник питания лампы

Ее собрата с теплым светом я ввернула в настольную лампу, предоставив ему, безусловно, более легкий режим существования, так настольная лампа зажигается реже, а горит дольше, чем периодически включаемый и выключаемый светильник в прачечной. К

моему удивлению, настольная лампа недавно перестала работать. Что бы это значило? Лампа проработала меньше, чем можно было бы ожидать от обычной лампы накаливания, и уж тем более, не десятки тысяч часов, как обещают многие изготовители светодиодных ламп.

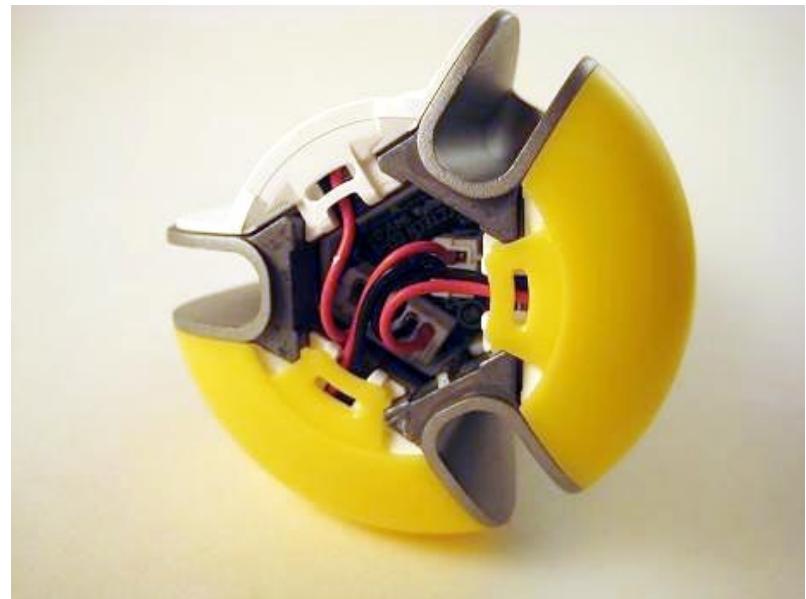
Как убежденный сторонник твердотельных источников света, я была несколько взъярена: неужели, именно светодиоды выдохлись после всего пары лет далеко не интенсивного использования? А может причина в источнике питания – в управляющей микросхеме, ключевых транзисторах или каком-то коварном электролитическом конденсаторе?



Причина отказа оказалась банальной – некачественный монтаж. На фотографии вы можете видеть отпаявшийся красный провод.

Конечно же, после того как я припаяла провод на место, лампа снова заработала.

Согласно исследованиям, основная причина отказа светодиодных ламп – паяные соединения. Платы паяют волной припоя. Это достаточно качественная технология, но таких паяк много, и на надежность влияют статистические факторы. Однако, основной источник отказов – соединительные провода. Их в лампе совсем мало, но паяют их вручную.



Так решает проблему надежности паяных соединений компания Philips. Все провода присоединяются с помощью разъемов.

Прецизионная адаптивная система сбора аналоговых данных с интерфейсом USB

Zoltan Gingl, Венгрия

EDN

Схема, которую мы рассмотрим, объединяет микроконтроллер смешанных сигналов, мост USB-UART и новый адаптивный входной аналоговый каскад для подключения аналоговых датчиков. Схема представляет собой ни что иное, как систему сбора аналоговых данных, отличительной особенностью которой является возможность подключения аналоговых датчиков различных типов. Схема поддерживает управление и передачу данных по интерфейсу USB к Host устройству. Питание схемы получает от порта USB, управление системой осуществляется с помощью простых команд с компьютера. Как для управления, так и для чтения данных можно даже использовать терминальную программу.

Примененный микроконтроллер компании Silicon Laboratories C8051F350 имеет 8051-совместимое ядро (Рис. 1), что дает возможность использовать распространенные и доступные инструменты для разработки ПО и отладки проекта. Отличительной особенностью микроконтроллера является наличие 24-битного сигма-дельта АЦП, усилителя с программируемым коэффициентом усиления и входного мультиплексора, позволяющего реа-

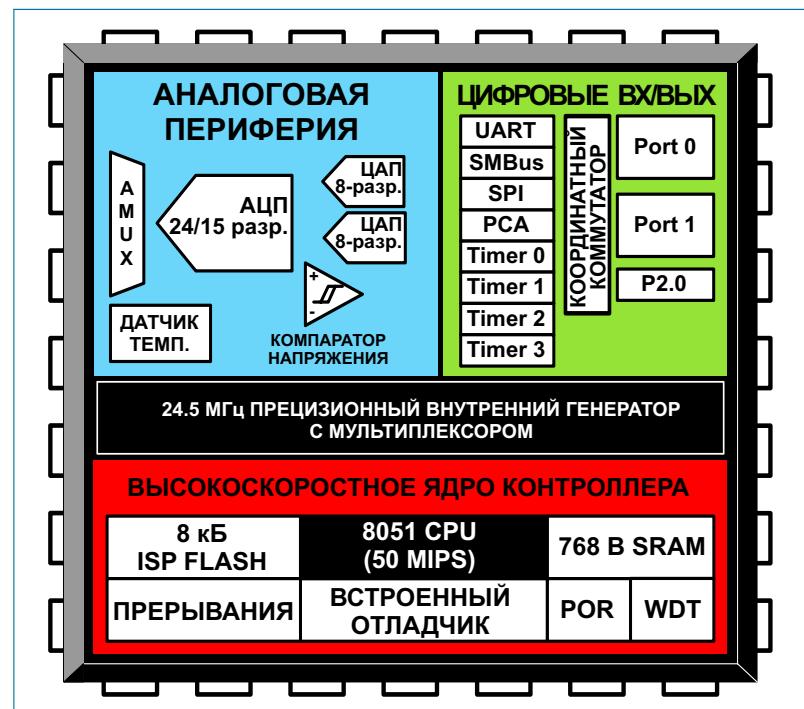


Рисунок 1. Блок-схема микроконтроллера *Silicon Laboratories C8051F350*.

лизовать дифференциальный или несимметричный режимы.

Характеристики микроконтроллера C8051F350:

- Высокоскоростное ядро 8051:
 - конвейерная архитектура;
 - выполнение 70% команд за 1 или 2 такта;
 - производительность до 50 MIPS;
 - расширенная обработка прерываний.
- Память:
 - 768 байт (256 + 512) внутренней памяти RAM;

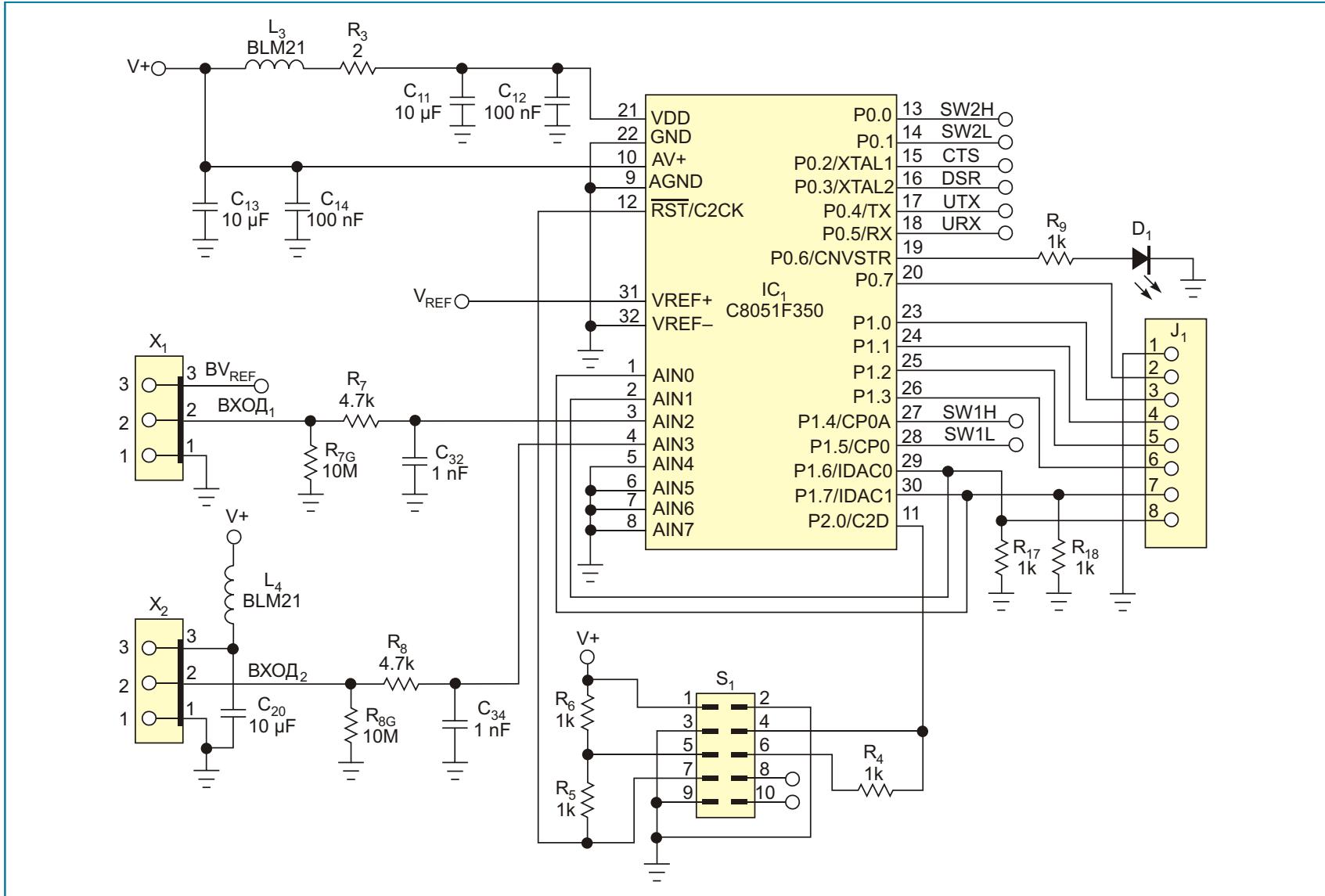


Рисунок 2. Микроконтроллер IC1 имеет входной мультиплексор, который позволяет использовать несимметричный и дифференциальный режимы АЦП и два выхода ЦАП. В распоряжение пользователя предоставлены также 5 незадействованных цифровых линий ввода/вывода.

- 8 Кбайт FLASH памяти, программируемой «в системе» секторами по 512 байт.
- Аналоговая периферия:
 - 24-разрядный АЦП:
 - ◆ отсутствие пропущенных кодов;
 - ◆ нелинейность 0.0015%;
 - ◆ программируемая пропускная способность до 1 тыс. преобразований в секунду;
 - 8-канальный мультиплексор;
 - усилитель с программируемым коэффициентом;
 - встроенный температурный датчик;
 - генератор прерываний, реализуемый посредством организации окна.
- Два 8-разрядных ЦАП

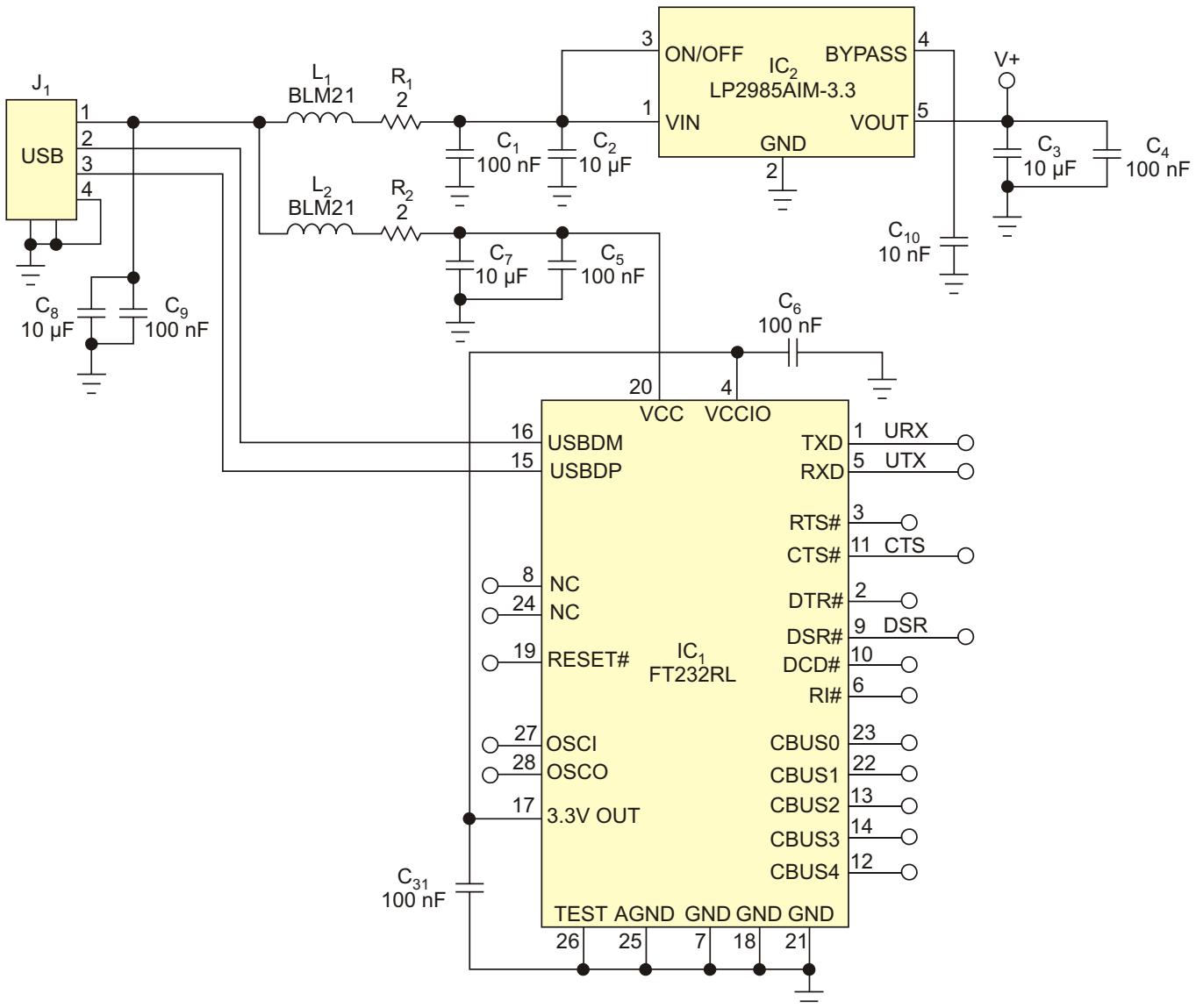


Рисунок 3. Схема питания микроконтроллера и коммуникационный интерфейс на базе моста USB-UART FT232RL.

- Компаратор:
 - ♦ программируемый гистерезис и время срабатывания;
 - ♦ конфигурируется как генератор прерывания или сброса;
 - ♦ низкое энергопотребление (0.4 мкА).
- Цифровая периферия:
 - 17 полноценных портов ввода/вывода, 5 В толерантные;
 - аппаратные SMBus (I^2C совместимые), SPI и UART последовательные порты;
 - четыре 16-битных счетчика/таймера общего назначения;
 - 16-битный программируемый счетчик (PCA) с тремя модулями захвата/сравнения;
 - режим реального времени с PCA, таймером, или внешним источником.

- Встроенный отладчик:
 - полный встроенный отладчик, отладка в системе (не требует эмулятора!);
 - предусмотрены установка контрольных точек, временных точек и пошаговое движение программы;
 - Источники тактового сигнала:
 - встроенный программируемый генератор до 24.5МГц с точностью 2%, поддерживают UART;
 - возможность работы от различных источников тактовой частоты;
 - встроенный умножитель частоты на 2 для получения 50 МГц внутреннего источника тактовых сигналов;
 - возможно переключение между источниками тактовых сигналов «на лету».
- Корпус:
- 28-выводной QFN (5 5 мм) или 32-выводной LQFP.

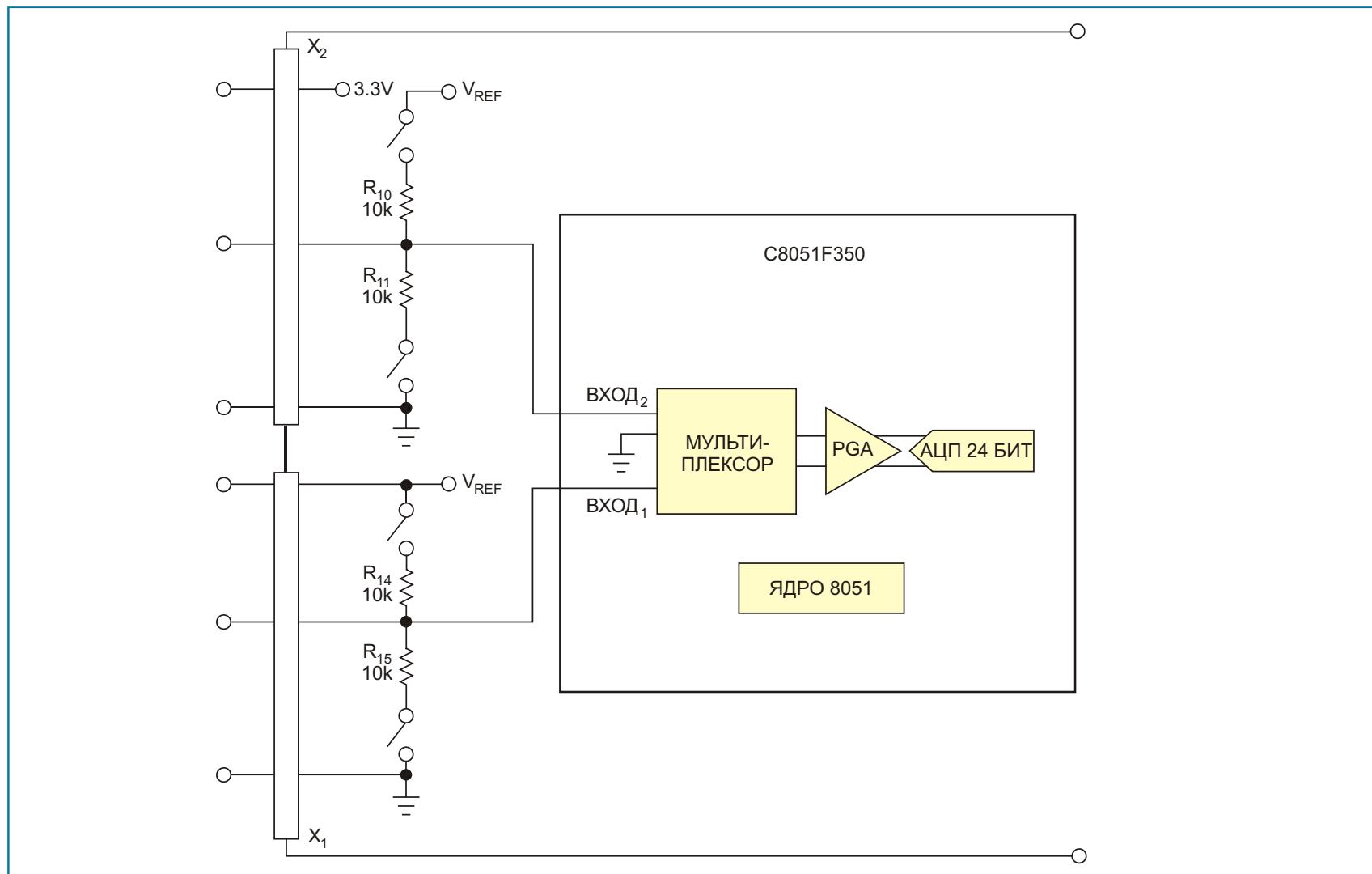


Рисунок 4. Схема питания микроконтроллера и коммуникационный интерфейс на базе моста USB-UART FT232RL.

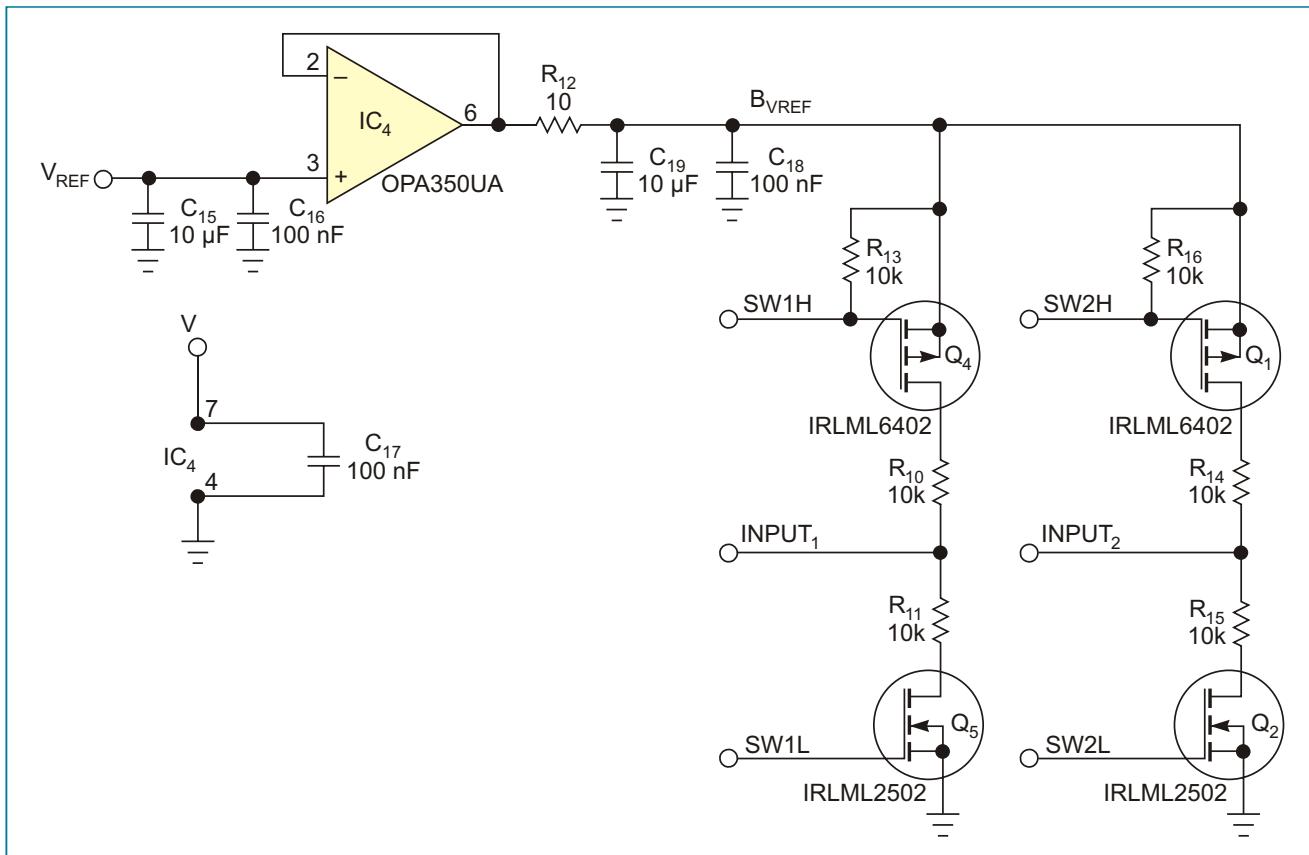


Рисунок 5. Вы можете создать два конфигурируемых аналоговых порта, которые позволят подключать к ним множество типов датчиков.

Пользователям для собственных приложений доступны два выхода ЦАП и 5 цифровых линий вода/вывода, выведенных на разъем J1). Один цифровой выход используется для программного управления светодиодом,

оставшиеся цифровые выводы используются для конфигурирования двух входных аналоговых портов и обмена по последовательному интерфейсу при помощи моста USB-UART FT232RL (см. Рис. 2). На один аналоговый порт подается опорное напряжение от встроенного в микроконтроллер источника (V_{REF}).

Линейный стабилизатор напряжения 3.3 В серии LP2985AIM-3.3 служит для питания микроконтроллера (Рис. 3). Питание микросхемы FT232RL (мост USB-UART) осуществляется непосредственно от USB

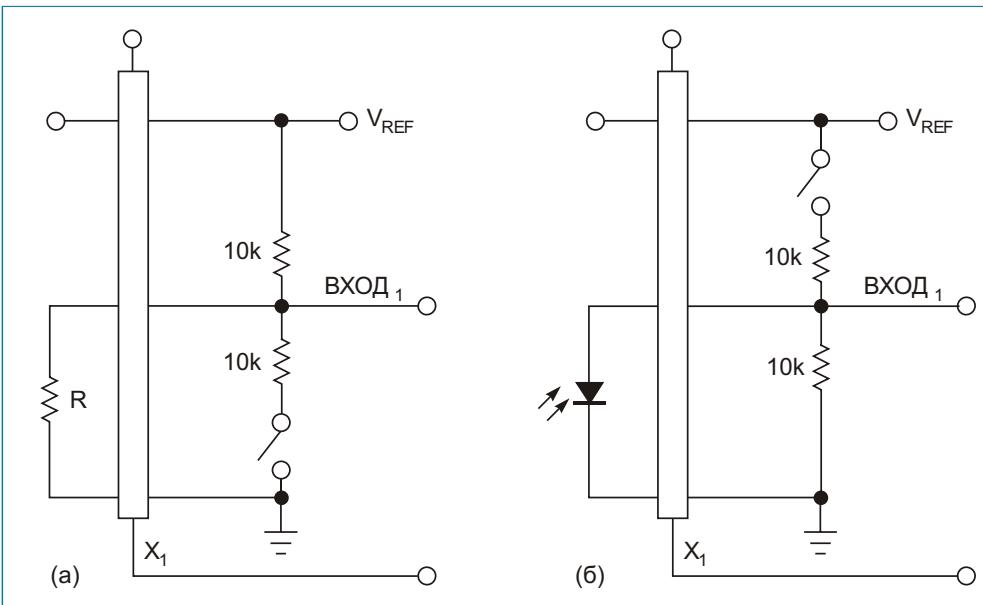


Рисунок 6. Входные аналоговые порты могут быть сконфигурированы для работы с резистивными датчиками (а) и датчиками с токовым выходом (б).

порта, причем с применением схемы фильтрации (ферритовое кольцо, RC цепочка). Микросхема FT232RL позволит организовать обмен с компьютером, использующим любую операционную систему.

Конфигурируемые аналоговые порты позволяют подключать к микроконтроллеру различные типы датчиков посредством трехконтактных разъемов, каждый из которых имеет «землю». На один из разъемов выводится питание 3.3 В, на другой – опорное напряжение,

номинальное значение которого равно 2.5 В (см. функциональную схему на Рис. 4). Центральные выводы двух разъемов X1 и X2 подключены к мультиплексору аналоговых входов микроконтроллера. При таком решении мы можем измерять два несимметричных напряжения или же использовать эти разъемы для измерений дифференциального сигнала. Оба входа имеют индивидуальные подтягивающие резисторы R10, R11, R14 и R15.

В соответствии с функциональной схемой, аналоговый порт будет иметь вид, изображен-

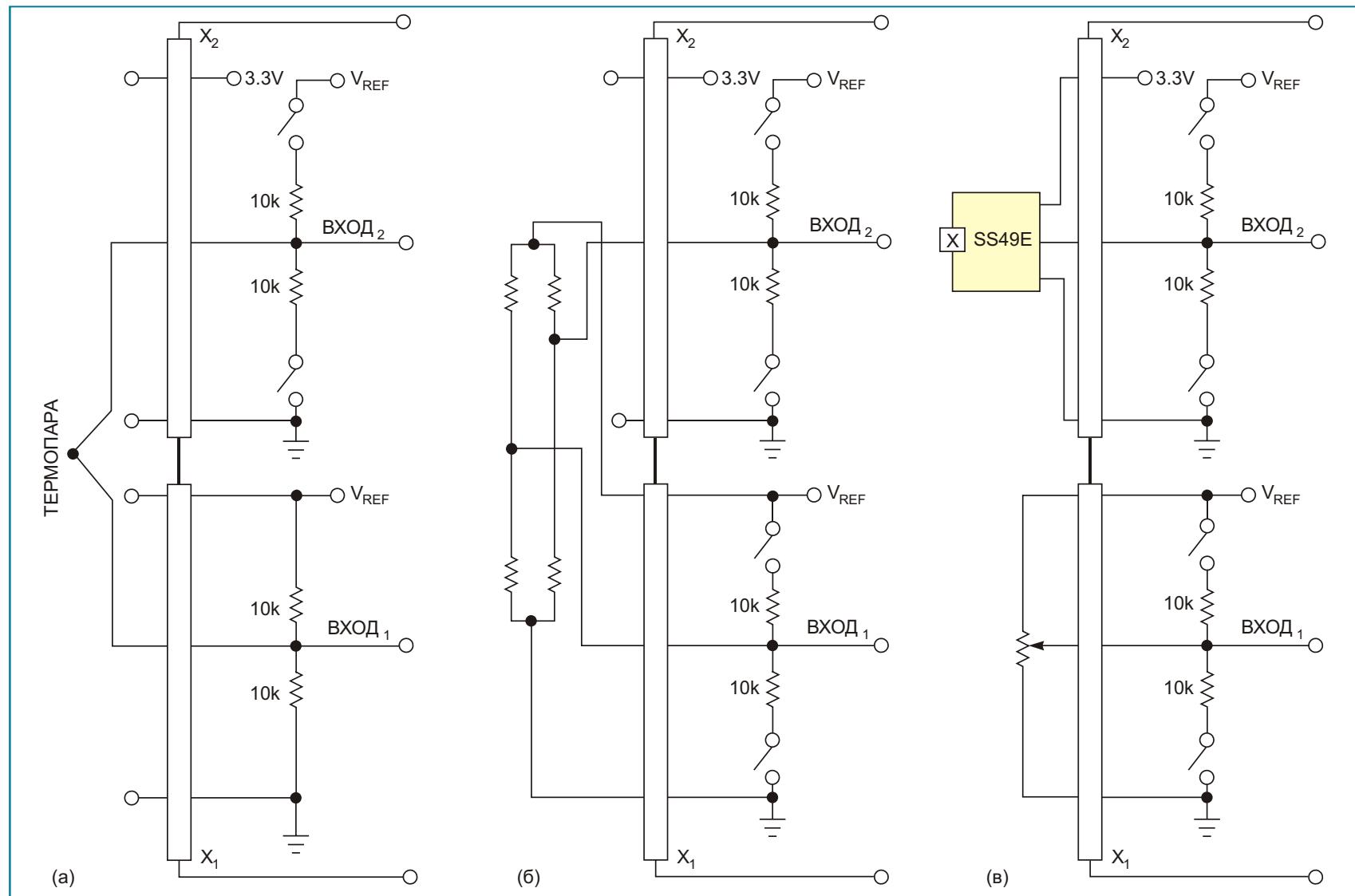


Рисунок 7. Вы можете подключать датчики с малым выходным напряжением (а), резистивные мосты (б) или интегральные датчики и потенциометры (в).

ный на (Рис. 5). Операционный усилитель IC4 OPA350UA играет роль буфера опорного напряжения.

Такая архитектура входных аналоговых портов позволяет подключать множество типов датчиков. Например, вы сможете подключить термистор или фоторезистор между «землей» и входом, включив подтягивающий резистор, чтобы получить делитель напряжения. АЦП микроконтроллера преобразует выходное напряжение этого делителя в цифровое значение (Рис. 6а). Такое решение также позволяет проводить измерения соотношений, т.к. АЦП и делитель напряжения используют одно опорное напряжение. Датчики с токовым выходом также можно подключать к аналоговому порту, аналогично тому, как подключается фотодиод – непосредственно между «землей» и входом АЦП, включив резистор, подтягивающий потенциал к «земле» (Рис. 6б).

АЦП с высоким разрешением и усилителем с программируемым коэффициентом усиления позволяет подключать термопарами непосредственно ко входу (Рис. 7). Необходимое смещение достигается включением двух подтягивающих резисторов на один канал. Также непосредственно к аналоговым портам можно подключать датчики на основе резистивных мостов, например тензодатчики и датчики давления. При подключении таковых необходимо отключить все подтягивающие резисторы, а АЦП перевести в режим дифференциальных измерений. При отключенных подтягивающих резисторах возможно также подключение к аналоговым портам потенциометров и датчиков Холла, например SS49E.

При непосредственном подключении различных датчиков к входным аналоговым портам необходимо принимать во внимание

их импеданс и диапазон сигналов. В некоторых случаях потребуется применение схем фильтрации и шумоподавления. Возможно, придется добавлять внешние буферные усилители или более точный источник опорного напряжения. Наличие опорного напряжения и питания 3.3 В на аналоговых портах позволяют это реализовать. Для подачи на датчики произвольных напряжений можно использовать выходы ЦАП микроконтроллера, сигналы которого выведены на разъем J1 (Рис. 2).

Двухсторонняя печатная плата для рассмотренного адаптера выполнена достаточно компактной. На нижней стороне платы расположено несколько пассивных компонентов (Рис. 8).

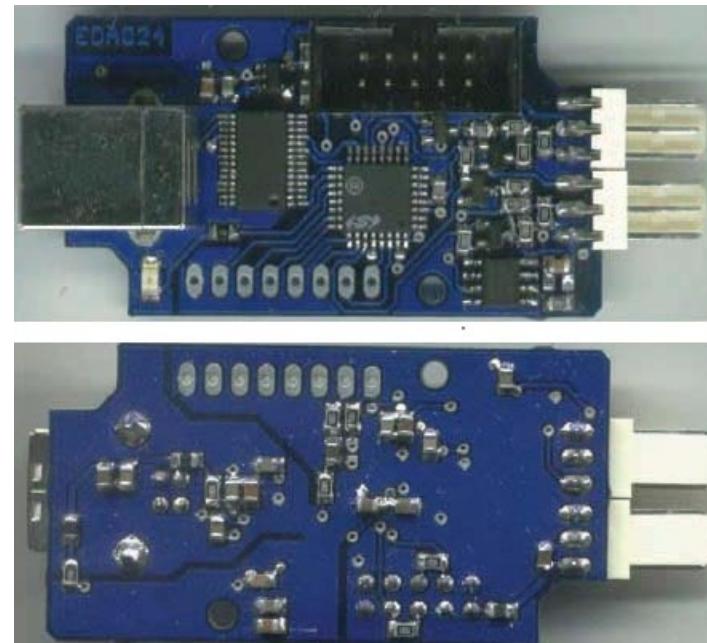


Рисунок 8. **Вся конструкция получается достаточно компактной модуль размещается в корпусе 60 35 мм.**

Программа микроконтроллера создана в интегрированной среде разработки Silicon Labs IDE с использованием компилятора CDCC. Программное обеспечение для ПК

написано в среде LabVIEW – это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National

Instruments. LabVIEW используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами.

Загрузки

Проект

Принципиальная схема, печатная плата (Eagle) и САМ-файлы (drill, Gerber)	
Программное обеспечение для микроконтроллера (исходный код, hex-файл, конфигурационный файл)	
Программное обеспечение для ПК (установщик USB драйвера, пример и библиотека для LabVIEW)	

Дополнительные материалы

Сигма-дельта АЦП микроконтроллера C8051F35x. Руководство пользователя, Silicon Laboratories (англ.)	
Нормирование сигналов для АЦП высокого разрешения, Analog Devices (англ.)	

Беспроводная система мониторинга температуры с возможностью регистрации данных

Tom Au-Yeung, Wilson Tang, Maxim Integrated Products

EDN

Беспроводную систему сбора данных о температуре можно сконструировать на базе двух микросхем

Использовав локальный датчик температуры и пару ASK передатчик-приемник, можно создать простую беспроводную систему контроля температуры с возможностью регистрации данных. Микроконтроллер в данной системе будет выполнять задачи по обработке данных и выводе показаний на индикатор. Встро-

енный в микроконтроллер UART (универсальный асинхронный приемопередатчик) позволяет реализовать функции регистрации данных.

В системе применен 16-разрядный микроконтроллер MAXQ2000 компании Maxim, имеющий Flash-память 64 КБайт, 2 КБайт SRAM и

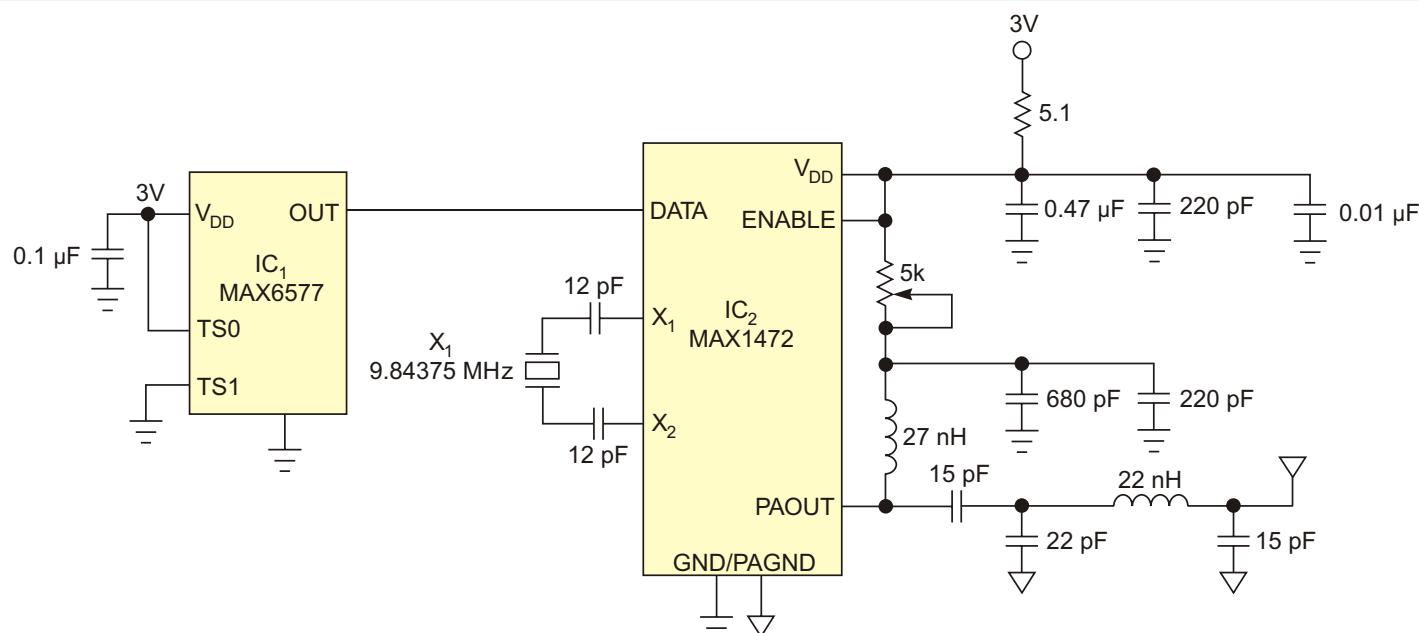


Рисунок 1. Схема удаленного датчика локальной температуры на базе микросхемы MAX6577 и ASK передатчика MAX1472 для беспроводной системы регистрации данных.

контроллер 132-сегментного ЖКИ, генерирующий сигналы управления индикатором в соответствии с содержимым памяти дисплея. Программа пользователя устанавливает параметры конфигурации и производит запись подлежащих отображению данных в буферную память контроллера ЖКИ, после чего контроллер самостоятельно вырабатывает сигналы общих шин и сегментов с заданной частотой, освобождая микроконтроллер от отслеживания состояния дисплея и прямого управления индикатором.

Для измерения температуры окружающей среды используется микросхема IC₁ MAX6577

(Рис. 1). MAX6577 – это дешевый, маломощный датчик локальной температуры с однопроводным выходом в 6-выводном корпусе SOT23, формирующий меандр с частотой, пропорциональной абсолютной температуре (в градусах Кельвина) и обеспечивающий достаточно высокую точность в диапазоне от -40 до $+125$ °C. «Локальный» означает, что основное назначение датчика – измерение температуры внутри каких-либо устройств. Масштаб преобразования, т.е. рабочий диапазон периода/частоты выходного меандра, может выбираться подключением двух управляемых входов TS0 и TS1 к шинам V_{DD} или GND.

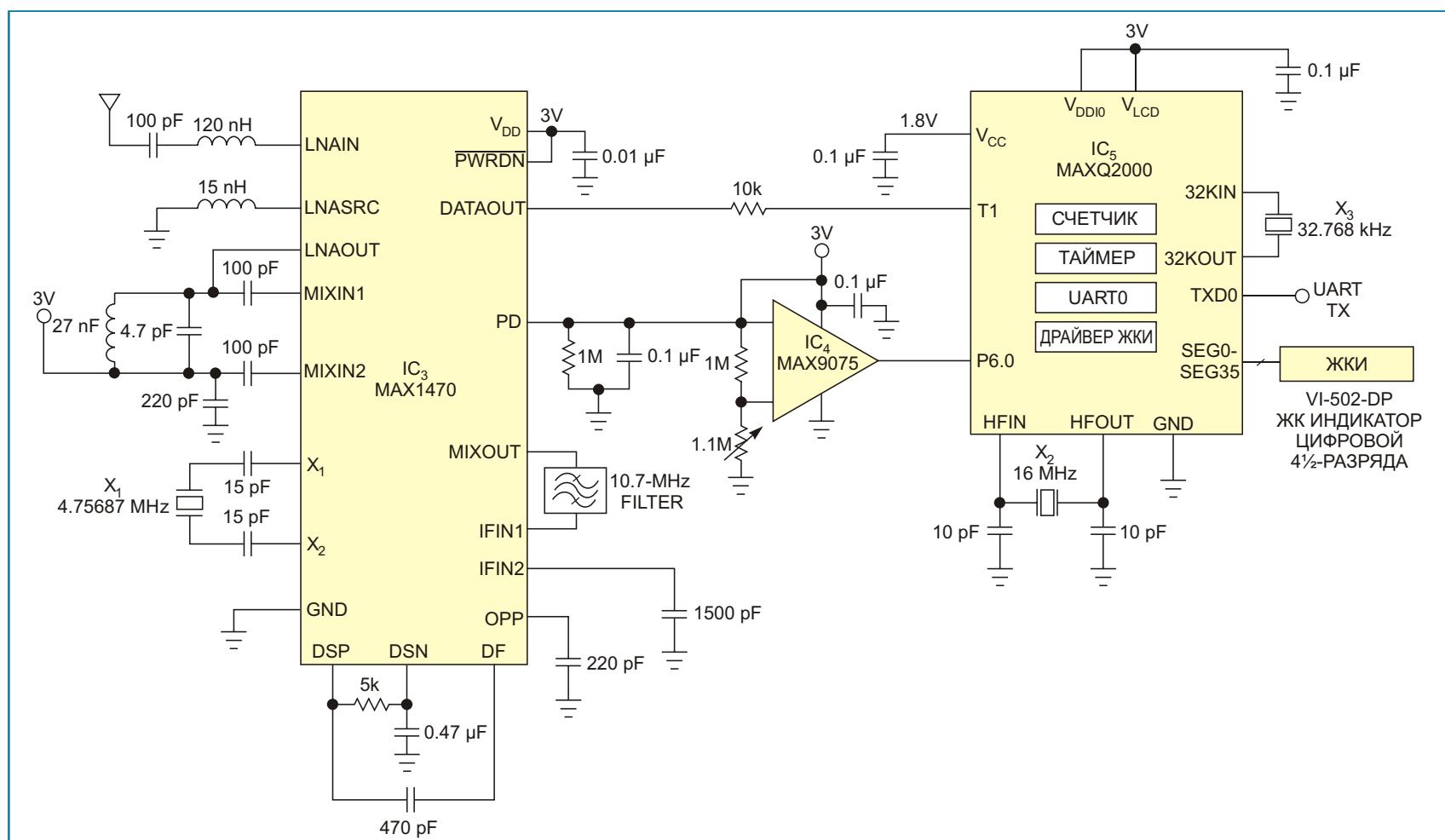


Рисунок 2. ASK приемник с микроконтроллером образуют приемную часть, которая выполняет обработку, преобразование и визуализацию данных.

Микросхема MAX1472 (IC_2) предназначена для передачи OOK/ASK сигналов в диапазоне VHF/UHF 300 ... 450 МГц со скоростью до 100 Кбит/с. Мощность выходного сигнала передатчика программируется внешним резистором и может превышать +10 дБм на нагрузке 50 Ом. Микросхема выпускается в 8-выводном корпусе SOT23.

В нашей системе передатчик модулируется выходным сигналом датчика температуры на несущей частоте 315 МГц.

Приемная часть (Рис. 2) выполнена на микросхеме экономичного супергетеродинного приемника MAX1470 (IC_3), предназначенного для приема сигналов ASK в диапазоне 315 МГц. Приемник состоит из малошумящего усилителя (LNA), фильтра подавления помех по зеркальному каналу, системы ФАПЧ, усилителя - ограничителя ПЧ 10.7 МГц с индикатором уровня принимаемого сигнала (RSSI) и ASK демодулятором, а также аналоговых узлов восстановления данных.

Компаратор IC_4 подключен к выводу RSSI (PD) приемника IC_3 . PD является выходом пикового детектора, для работы которого требуется внешняя RC цепочка, представленная на схеме параллельным соединением резистора 1 МОм и конденсатора 0.1 мкФ. Уровень принимаемого сигнала сравнивается с опорным уровнем, заданным при помощи резисторного делителя. Эксперименты показывают, что порог примерно в 1.57 В позволяет получать на выходе приемника корректные данные без пропусков и ошибок. Возможно, пользователю потребуется отрегулировать этот порог. Низкий уровень на выходе компаратора появляется при слабом или неправильном сигнале, а высокий свидетельствует о достаточном уровне принимаемого сигнала.

Микроконтроллер IC_5 MAXQ2000 измеряет частоту сигнала при помощи встроенного таймера/счетчика и отображает результаты на сегментном ЖКИ индикаторе. Счетчик отслеживает количество нарастающих фронтов входного сигнала, частота которого, как было сказано выше, пропорциональна температуре, а таймер ведет подсчет оставшегося времени. По истечении 1 с вырабатывается прерывание. В этот момент считывается текущее значение счетчика, которое пересчитывается в градусы Цельсия и отображается на ЖКИ индикаторе, после чего происходит автоматическая перезагрузка таймера. Данные о температуре также поступают в UART0. Затем счетчик сбрасывается в ноль и процесс повторяется.

Кроме того, микроконтроллер отслеживает уровень принимаемого сигнала. При появлении низкого уровня на входе P6.0 на индикатор

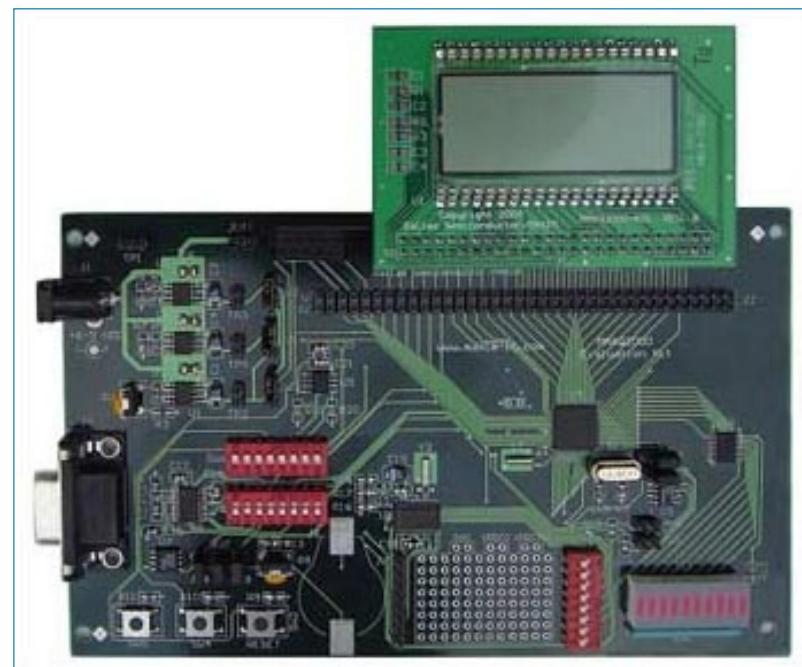


Рисунок 3. Платформа MAXQ2000-KIT включает в себя оценочную плату, плату сегментного ЖКИ и плату адаптера JTAG для программирования микроконтроллера и отладки ПО.

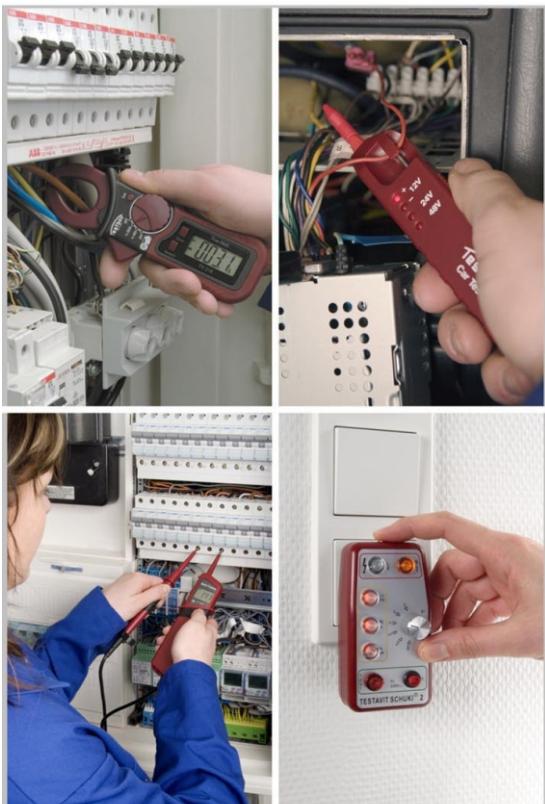
и UART отправляется сообщение «по RF», означающее, что приемник и передатчик находятся слишком далеко друг от друга. Схема подключения ЖК индикатора заимствована из описания оценочной платы MAXQ2000-KIT (Рис. 3). Используя таблицу перекодировки в разделе данных ассемблерного кода программы микроконтроллера, можно узнать внутреннее распределение сегментов A – G индикатора. При подключении дополнительного конвертера уровней интерфейса, UART микроконтроллера может отправлять данные на

устройство регистрации, например, на персональный компьютер.

Для программирования микроконтроллера используется программная среда разработки MAX-IDE, с которой взаимодействует плата адаптера MAXQJTAG. В разделе загрузок для пользователей доступен исходный код программы, реализующей измерение температуры с периодом 1 с и точностью 1 °C, отображение данных на сегментном ЖК индикаторе и отправку данных по последовательному интерфейсу.

Загрузки

Исходный код программы микроконтроллера (MAX-IDE ассемблер)	
Руководство пользователя оценочного набора MAXQ2000-KIT и принципиальная схема оценочной платы	



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ
www.decima.ru



ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ
РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ РАЗДЕЛКИ КАБЕЛЯ
И СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ
www.decima.ru



Сделано в Германии

КЛЕММЫ, РАЗЪЕМЫ
МОДУЛИ ВВОДА-ВЫВОДА,
АКСЕССУАРЫ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ
www.decima.ru

Простой интерфейс расширяет диапазон ШИМ регулирования

Jim Wilson, Allied Healthcare Products

Electronic Design Europe

У большинства микроконтроллеров есть один или несколько выходов широтно-импульсных модуляторов (ШИМ), которые могут эффективно использоваться для управления всевозможными нагрузками, такими, например, как соленоиды пропорциональных клапанов, электромоторы или светорегуляторы. По существу, во всех случаях ШИМ используется как цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Программированием регистра устанавливается требуемый коэффициент заполнения импульсов (цифра), а затем, с помощью нескольких компонентов, выполняющих функцию интегратора, формируется постоянное напряжение (аналог). Аналоговое напряжение, пропорциональное коэффициенту заполнения, заданному записанным в регистр ШИМ числом, может изменяться от уровня «лог. 0» до «лог. 1».

Однако очень часто управляемое устройство не работает в полном диапазоне выходных напряжений ШИМ. К примеру, электромотор может не вращаться при напряжении ниже 2 В, а пропорциональный клапан полностью откроется уже при напряжении 4 В. Если логические уровни ШИМ заключены между 0 и 5 В, часть разрешающей способности будет потеряна. Так, при 8-разрядной ШИМ из 256 воз-

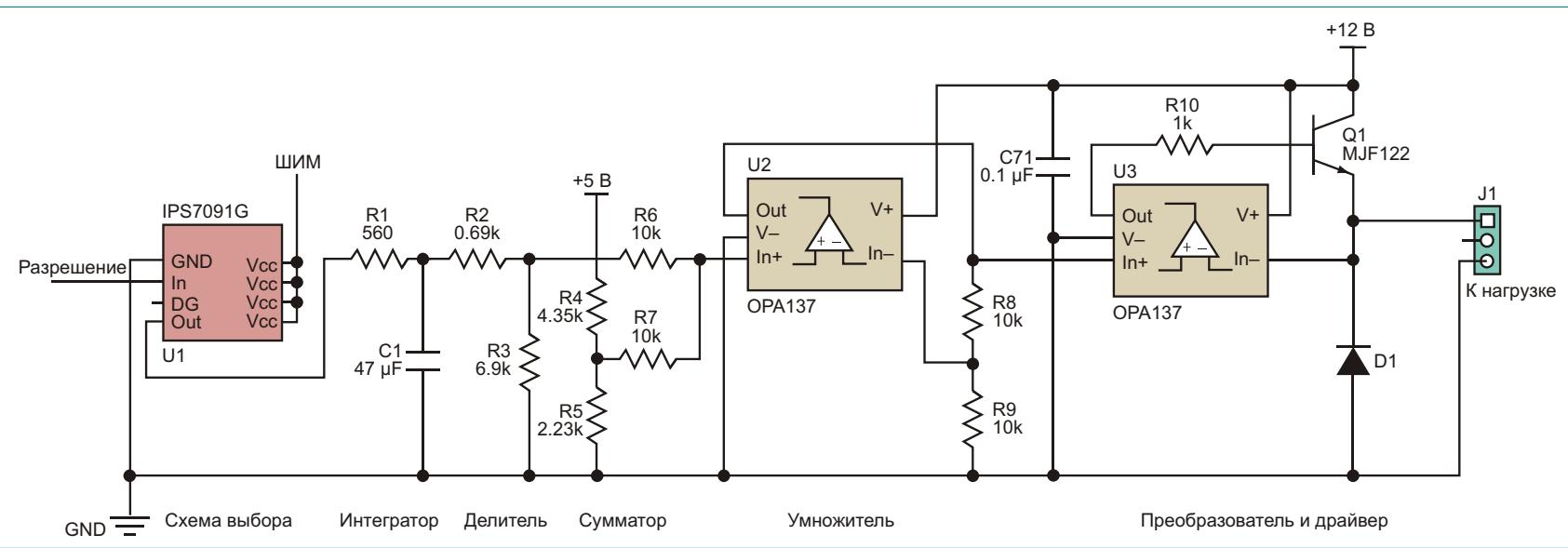
можных уровней реально воздействовать на клапан будут только 200. Чтобы сделать точность управления максимально возможной, можно найти в учебниках несколько простых аналоговых схем и согласовать диапазон ШИМ с требованиями конкретного устройства. Изображенная на рисунке схема состоит из шести каскадов, некоторые из которых вам, возможно, не понадобятся, и их можно будет просто опустить:

Схема выбора

Ключ U1 позволяет выбирать из нескольких устройств одно, требующее управления. Применительно к приложению, которое побудило к разработке данной схемы, это несколько клапанов и насосов на одной линии ШИМ. Вход Разрешение предназначен для индивидуального включения и выключения каждого устройства.

Интегратор

Этот каскад (R1 и C1) преобразует прямоугольные импульсы ШИМ в постоянное напряжение, пропорциональное коэффициенту заполнения. От типа и емкости конденсатора С1 зависит скорость, с которой он способен перезаряжаться и превращать ШИМ последо-



При использовании ШИМ в качестве источника аналогового напряжения для управления такими устройствами, как электромоторы и пропорциональные клапаны, схема позволяет смещать и масштабировать диапазон управляемых напряжений в соответствии с требованиями, предъявляемыми нагрузкой.

вательность в гладкое постоянное напряжение. У меня одинаково хорошо работали и керамические, и электролитические конденсаторы.

Делитель

Резисторы R2 и R3 образуют простой делитель, задающий верхний уровень выходного управляемого напряжения схемы. К примеру, в моем случае напряжение питания микроконтроллера равно 5 В, и выход ШИМ, соответственно, переключается между 0 и 5 В. Используемый клапан полностью открывается при напряжении 4 В. Без делителя 20% разрешения ШИМ терялись бы понапрасну из-за того, что диапазон от 4 до 5 В использоваться не может.

Сумматор

Можно привести множество примеров устройств, которым нижняя часть диапазона

ШИМ абсолютно не нужна. Электромоторы, например, не сдвинутся с места до тех пор, пока напряжение на них не достигнет определенного минимального порога. Чтобы сместить вверх нижнюю точку выходного диапазона напряжений драйвера, на резисторах R4 и R5 сделан еще один делитель, напряжение на котором должно быть чуть ниже требуемого на выходе минимума. Если ваш мотор не стартует при напряжении ниже 2 В, можете установить на делителе такое напряжение, чтобы на резисторе R7 было 1.8 В. При этом вы потеряете всего лишь 0.2 В, или 4% от полного диапазона ШИМ, но не 40%, что было бы при нижней границе равной нулю.

Умножитель

Нередко устройству требуется напряжение, большее, чем амплитуда импульсов ШИМ. С помощью умножителя выходное напряжение драйвера можно увеличить в

любое число раз. Коэффициент умножения задается резисторами R8 и R9. На схеме R8 и R9 равны и образуют удвоитель напряжения. Для других коэффициентов умножения используйте формулу:

$$V_o = V_i \cdot 1 + \frac{R8}{R9}$$

где

V_o – напряжение на выходе усилителя U2,

V_i – напряжение на неинвертирующем входе IN+ усилителя U2.

Преобразователь и драйвер

Микросхема U3 используется для преобразования выходного напряжения драйвера ШИМ в ток и компенсации температурного дрейфа параметров нагрузки. Индуктивные нагрузки, подобные моторам и клапанам, как правило, содержат обмотки с большим коли-

чеством провода, сопротивление которого зависит от температуры. Повторитель напряжения U3 компенсируют эту зависимость. При испытании схемы наилучший в своем классе результат показала микросхема операционного усилителя OPA137, выпускаемая Texas Instruments. D1 – это диод свободного хода для подавления индуктивных выбросов, возникающих при резком снижении или отключении напряжения питания нагрузки. Однаково хорошо здесь работают и диод Шоттки SK32, и обычный диод LL4148.

Для того чтобы при подборе сопротивлений не идти путем проб и ошибок, используйте потенциометры. Получив оптимальные результаты, замените потенциометры постоянными резисторами.

После надлежащей настройки схема, подобная описанной, позволит повысить точность управления драйвером ШИМ. Полезный диапазон выходных напряжений с 20...40%, ценою нескольких дешевых компонентов, можно расширить до 90% и более.

Как получить высокое выходное напряжение с помощью низковольтного преобразователя

Kevin Tompsett, Analog Devices

Недорогие повышающие преобразователи с внутренними силовыми МОП ключами при низких выходных напряжениях хорошо работают в любой конфигурации: обычной, SEPIC и обратноходовой. При более высоких напряжениях разработчики, как правило, используют либо контроллер с внешним МОП транзистором, либо высоковольтный повышающий преобразователь. Оба варианта увеличивают стоимость конструкции.

Вместо этого предлагается элегантное и менее затратное решение (Рисунок 1). На основе микросхемы ADP1613 повышающего DC/DC конвертера с внутренним силовым ключом, рассчитанной на максимальное выходное напряжение 20 В при пиковом токе 2 А, сделан преобразователь, отдающий в нагрузку 100 мА при напряжении 48 В и наибольшем КПД 86% (Рисунок 2). Стабилитрон D_1 выполняет функцию параллельного стабилизатора, питающего микросхему напряжением 5 В и, одновременно, на такое же напряжение смещает затвор внешнего полевого транзистора Q_2 . Внутренний транзистор Q_1 микросхемы включен каскодно с высоковольтным внешним транзистором. Q_2 включен по схеме с общим затвором, и управляющие импульсы с выхода микросхемы подаются на его исток.

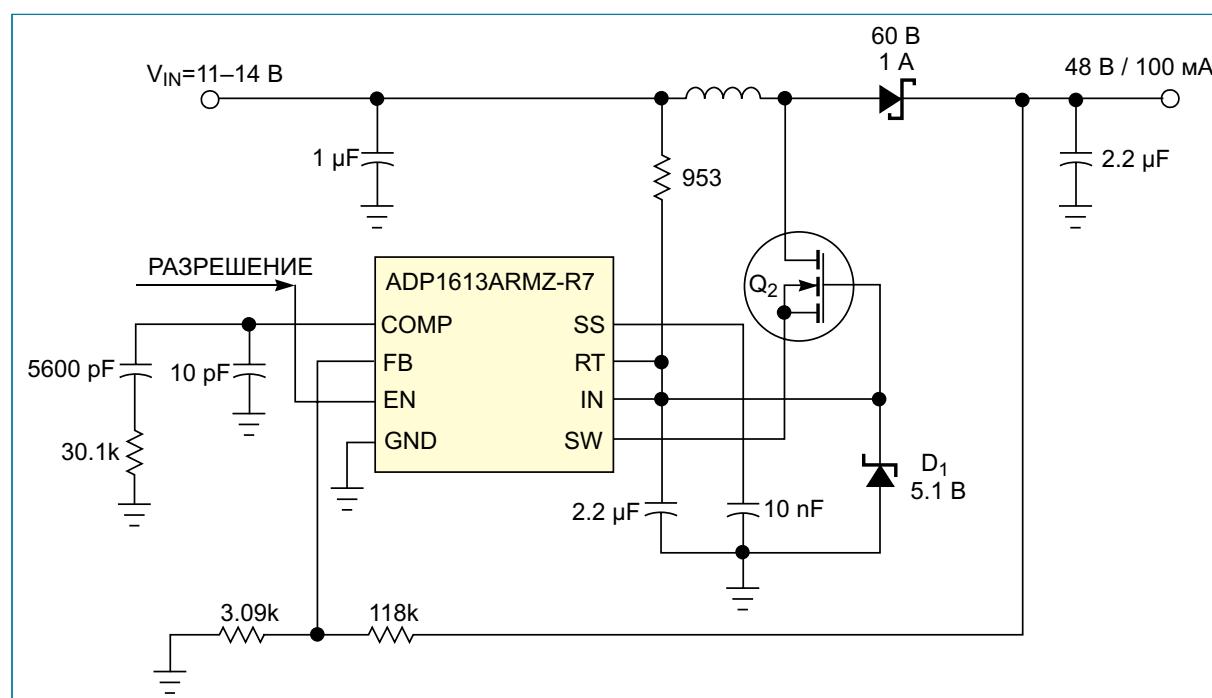


Рисунок 1. Разработанная с помощью ADIsimPower схема управляет истоком внешнего MOSFET транзистора, используя внутренний транзистор микросхемы.

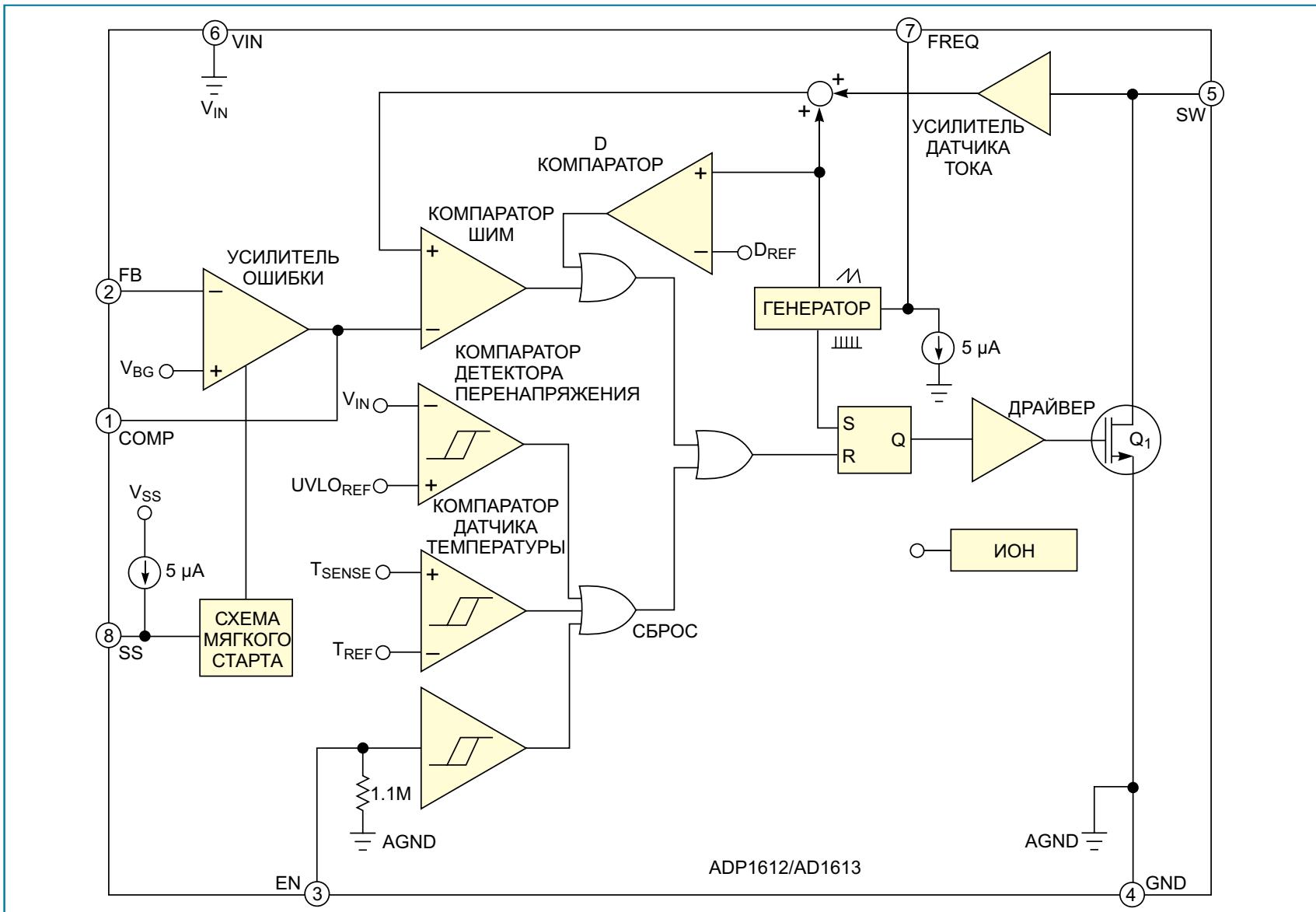


Рисунок 2. Архитектура повышающих преобразователей напряжения ADP1612/AD1613.

При включении внутреннего транзистора узел V_X соединяется с «землей» (Рисунок 3), а напряжение на затворе высоковольтного транзистора остается постоянным, в результате чего последний открывается. Сопротивление играющего роль драйвера затвора внутреннего транзистора невелико, поэтому переключение происходит быстро и с минимальными потерями. Когда внутренний транзистор выключается, потенциал узла SW за счет тока дросселя начинает повышаться до тех пор,

пока не закроется внешний транзистор. Во всех циклах работы напряжение на Q_1 не превышает напряжения на затворе внешнего транзистора за вычетом его порогового напряжения. Выключение, скорость которого пропорциональна пиковому току дросселя, происходит не столь быстро, но при правильном выборе Q_2 этого тока вполне достаточно, чтобы обеспечить и приемлемое время переключения, и низкие потери, даже при небольшой нагрузке. Суммарная стоимость всех компо-

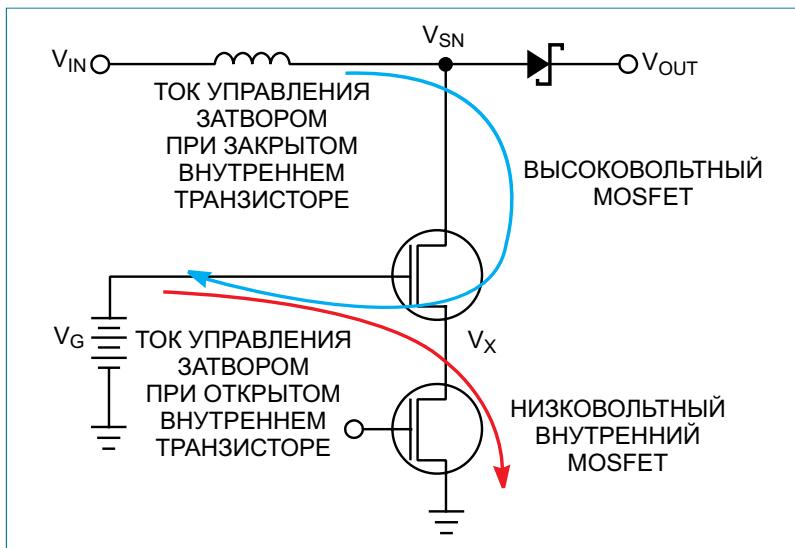


Рисунок 3. Каскодное включение транзисторов обеспечивает быстрое переключение, малые потери и возможность получения высоких выходных напряжений.

нентов для одного преобразователя в партии 1000 шт. не превышает \$2.

Схема была разработана и смоделирована с использованием средства проектирования

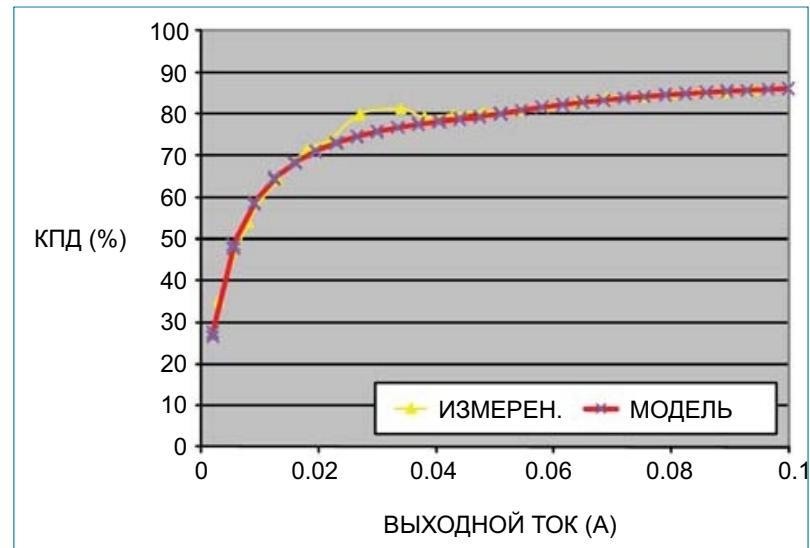


Рисунок 4. Результаты моделирования хорошо совпадают с измерениями КПД, проведенными на реальной схеме.

ADIsimPower, бесплатно распространяемого компанией Analog Devices. Рисунок 4 демонстрирует хорошее совпадение результатов моделирования с измерениями КПД, проведенными на реальной схеме.

Как рассчитать индуктивность многослойной катушки без сердечника с помощью линейки и омметра

Петр Демченко, Литва

EDN

В статье показано, как рассчитать индуктивность многослойной катушки без сердечника, зная только ее размеры и сопротивление постоянному току

Если размеры катушки выражены в миллиметрах, ее индуктивность в микрогенри может быть рассчитана по формуле:

$$L = \frac{0.008D^2N^2}{3D \cdot gh \cdot 10g},$$

где

D – средний диаметр катушки,

h – высота катушки,

g – глубина (толщина намотки) катушки,

N – количество витков (Рисунок 1).

Если количество витков неизвестно, индуктивность, все равно, можно рассчитать, используя значение сопротивления обмотки постоянному току. Предполагается, что катушка намотана аккуратно, виток к витку, цилиндрическим эмалированным проводом (Рисунок 2). В этом случае приближенное выражение для числа витков будет следующим:

$$N = \frac{gh}{d^2},$$

где d – диаметр провода.

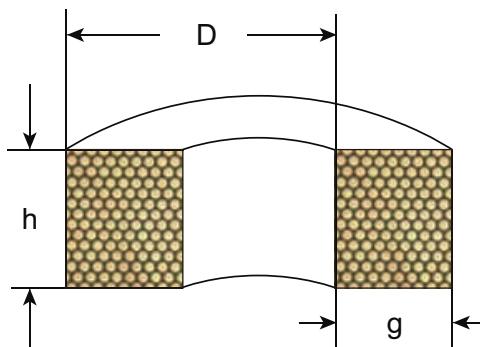


Рисунок 1. Зная размеры и количество витков катушки, можно рассчитать ее индуктивность.

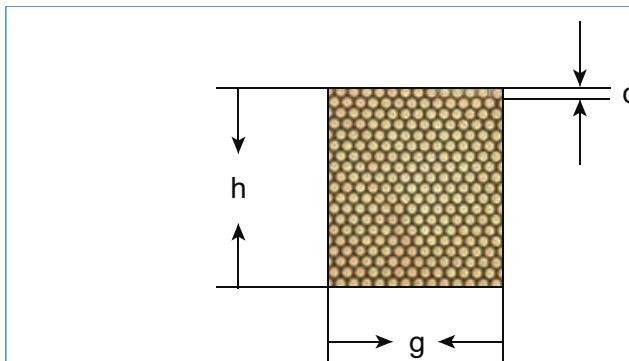


Рисунок 2. Оценить индуктивность аккуратно намотанной катушки можно по ее размерам и сопротивлению обмотки.

Однако, мы будем полагать, что диаметр нам неизвестен.

Поскольку средняя длина витка равна D , общая длина провода будет $N D$. Площадь сечения провода равна

$$\frac{\pi d^2}{4}.$$

Сопротивление катушки R можно выразить как

$$R = \frac{4\rho N \pi D}{1000 \pi d^2} = \frac{\rho N D}{250 d^2} = \frac{\rho g h D}{250 d^2},$$

где ρ – удельное сопротивление, выраженное в [Ом м], а сопротивление в [Ом]. Таким образом, можно получить выражение для квадрата диаметра провода:

$$d^2 = \sqrt{\frac{\rho g h D}{250 R}}.$$

Теперь подставляем d^2 в выражение для числа витков:

$$N = \frac{gh}{\sqrt{\frac{\rho g h D}{250 R}}}.$$

После возвведения обеих частей уравнения в квадрат и сокращения дроби получаем

$$N^2 = \frac{250 g h R}{\rho D}.$$

Подстановка N^2 в первое уравнение дает

$$L = \frac{2 D g h R}{\rho 3 D 9 h 10 g}.$$

Подставив значение $\rho = 0.0172$ для меди, получаем выражение для L , зависящее только от сопротивления и физических размеров катушки:

$$L = \frac{117.7 D g h R}{3 D 9 h 10 g}.$$

Попутно обратим внимание на интересный вывод, следующий из того факта, что R и L пропорциональны друг другу: добротность Q катушки с заданными размерами D , g и h при неизменной угловой частоте $\omega = 2\pi f$ является константой:

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2 \omega D g h}{\rho 3 D 9 h 10 g}.$$

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. www.decima.ru - Системы видеонаблюдения, клеммы WAGO, измерительное оборудование Testboy, ручной инструмент Jokari.
2. www.datasheet.ru - Поиск датасхем от Google (только сайты производителей!)
3. www.glozman.ru/compl/shop.html - Цены: от транзистора до осциллографа, прайс-листы лучших дистрибуторов.
4. www.glozman.ru/orf - Описания и сравнение параметров большой базы измерительного оборудования.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Журнал РАДИОЛОЦМАН

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

В. Колесник
С. Муратчев
А. Николаев
М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчев

Оформление подписки:

www.rlocman.ru/magazine

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

rlocman@rlocman.ru

📞 +7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

январь 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

НОВОСТИ

Tobii Gaze позволит управлять Windows 8 с помощью взгляда	5
Автомобильные шины смогут вырабатывать электроэнергию	5
Qualcomm Halo зарядит ваш электромобиль без проводов, даже в движении	6
IBM научилась хранить один бит данных всего на 12 атомах	7
Nordic демонстрирует первую в мире комбинацию Bluetooth мыши и клавиатуры	9
Vishay разработала высокотемпературный мощный SMD резистор с сопротивлением 0.0005 Ом и допуском 1%	9
Texas Instruments представила самые быстродействующие двухканальные драйверы MOSFET с выходными токами 4 и 5 А	10
Pascal предлагает самый маленький в мире модуль усилителя с выходной мощностью 1000 Вт	12
Texas Instruments выпускает систему-на-кристалле ZigBee Smart Energy 2.0 с интегрированным процессором ARM Cortex-M	13
STM представила инновационный транслятор уровней для новейших карт памяти	14

СТАТЬИ

Сравнение различных процедур проверки воздействия электростатического разряда	15
Недорогой изящный ридер PocketBook 611 Basic	23
История ARM: с конца 20 века до наших дней	25
Открытая платформа Arduino высвобождает творческий потенциал. Окончание	34
Способы снижения погрешности цифровых потенциометров	38
Почему светодиодная лампа проработала меньше, чем лампа накаливания?	43

СХЕМЫ

Прецизионная адаптивная система сбора аналоговых данных с интерфейсом USB	45
Беспроводная система мониторинга температуры с возможностью регистрации данных	53
Простой интерфейс расширяет диапазон ШИМ регулирования	58
Как получить высокое выходное напряжение с помощью низковольтного преобразователя	61
Как рассчитать индуктивность многослойной катушки без сердечника с помощью линейки и омметра	64