

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

# РАДИОЛОЦМАН

Июль 2014 (38)

28

Стереотелефоны и усилитель: выбираем и проектируем правильно

14

Teledyne LeCroy анонсирует 8-канальный 12-битный осциллограф с полосой 1 ГГц

61

Отладка систем на небольших микроконтроллерах с помощью осциллографа

22

**ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛЯТОР  
ИЛИ  
ИМПУЛЬСНЫЙ?**

# настоящее немецкое качество

**Testboy**  
GmbH, Germany

контрольно-  
измерительное  
оборудование

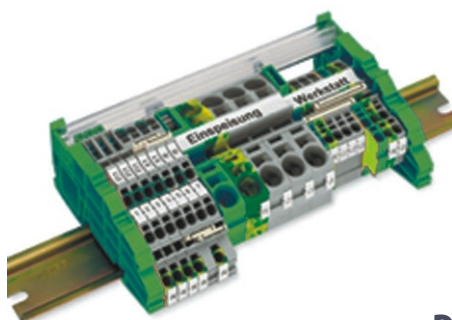


»»» **JOKARI**<sup>®</sup>  
original

инструмент для  
разделки кабеля  
и снятия изоляции



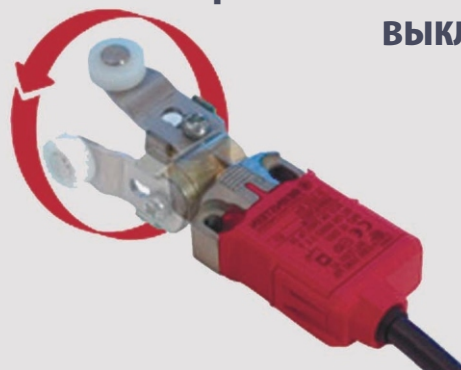
**WAGO**<sup>®</sup>  
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы  
на DIN рейку  
и для печатных плат

**BERNSTEIN**  
safe solutions

промышленные корпуса  
выключатели  
датчики



**ДЕЦИМА**

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

[WWW.DECIMA.RU](http://WWW.DECIMA.RU)



## Главный редактор:

А. Николаев

## Над номером работали:

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

## Обложка:

А. Кравчук

## Директор:

С. Муратчаев

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

[rlocman@rlocman.ru](mailto:rlocman@rlocman.ru)

+7 (495) 721-72-14

[www.rlocman.ru](http://www.rlocman.ru)

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление бесплатной подписки:

[www.rlocman.ru/magazine](http://www.rlocman.ru/magazine)

## Новости

- 4 Понижающий преобразователь от Diodes работает с быстроизменяющейся нагрузкой
- 4 Altium сообщила о выходе релиза Altium Designer 14.3
- 5 Началось строительство первой в Латинской Америке геотермальной электростанции
- 6 X-REL Semiconductor расширяет семейство высокотемпературных транзисторов
- 7 Murata представила серию DC/DC преобразователей с высоким напряжением изоляции для питания драйверов IGBT
- 7 STMicroelectronics начала производство нового семейства ОУ с нулевым дрейфом для прецизионных датчиков и носимых изделий
- 8 Плавающие динамики позволяют вам увидеть звук
- 9 International Rectifier выпустила высокоинтегрированную микросхему управления драйверами светодиодов
- 10 Linear Technology представила IO-Link трансивер с встроенным понижающим преобразователем напряжения и LDO стабилизатором
- 11 IDT анонсирует малопотребляющий квадратурный модулятор для беспроводных коммуникационных систем следующего поколения
- 12 Переключатели нагрузки компании Diodes защищают USB-порты
- 12 International Rectifier представила первые образцы MOSFET со сверхнизким сопротивлением канала в новых корпусах
- 13 IDT выпустила самый миниатюрный в мире 2-ваттный беспроводной приемник энергии для носимой электроники
- 14 Teledyne LeCroy анонсирует 8-канальный 12-битный осциллограф с полосой 1 ГГц
- 16 Типовые проекты Microchip MOST ToGo позволят упростить разработку автомобильных информационно-развлекательных систем
- 17 CSR выпускает отладочный набор CSRMesh для быстрой разработки приложений Интернета Вещей
- 18 NVE представляет высоковольтные изоляторы
- 19 Linear Technology создала схему сбора энергии с микромощным повышающе-понижающим DC/DC преобразователем и устройством заряда аккумулятора
- 20 X-REL Semiconductor выпустила серию высокотемпературных многофункциональных логических вентилях XTR54000

## Статьи

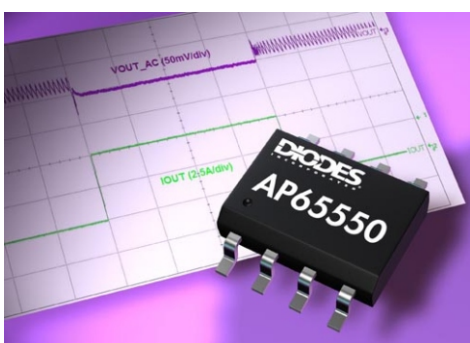
- 22 Сравнение линейных и импульсных регуляторов напряжения в промышленных приложениях с шиной 24 В
- 28 Стереотелефоны и усилитель: выбираем и проектируем правильно. Часть 1
- 34 Найдете ли вы недостающую единицу?
- 37 МАСТЕР-ЛОМАСТЕР. Внутри первых носимых устройств Android: разбираем LG G Watch и Samsung Gear Live
- 39 Ada 2012 для платформы Cortex-M4
- 41 Renesas Electronics – история слияний и поглощений. Глава 2 – Hitachi. Часть 2
- 46 Стеки для организации беспроводной передачи данных на основе устройств STM32W108. Часть 1

## Схемы

- 52 Драйвер для 14-битного АЦП работает в широком диапазоне коэффициентов усиления
- 55 Драйвер нижнего плеча с улучшенной защитой от коротких замыканий
- 58 Ключ нижнего плеча с быстрым выключением для коммутации индуктивных нагрузок
- 61 Отладка систем на небольших микроконтроллерах с помощью осциллографа

## Понижающий преобразователь от Diodes работает с быстроизменяющейся нагрузкой

Компания Diodes Incorporated представила синхронный понижающий преобразователь напряжения с оптимизированной переходной характеристикой для использования в низковольтных источниках питания телевизионных приемников и мониторов. Основанный на адаптивном алгоритме управления с фиксированным временем прямого хода, 5-амперный AP65550 быстро реагирует на резкие изменения нагрузки, гарантируя минимальные провалы выходного напряжения.



Поддерживая широкий диапазон соотношений входного и выходного напряжений, алгоритм управления устройства также мини-

мизирует количество внешних компонентов и позволяет использовать конденсаторы как с низким, так и ультранизким эквивалентным последовательным сопротивлением. Преобразователь выпускается в корпусе SO-8EP, и благодаря диапазону рабочих напряжений, перекрывающему интервал от 4.5 до 18 В, может поддерживать шины с напряжениями 5, 9 и 12 В.

Режим автоматического увеличения КПД при низкой нагрузке обеспечивает плавный переход между режимом непрерывной проводимости при больших токах и прерывистым режимом при легких нагрузках. Это помогает разработчикам выполнять требования современных нормативных документов в отношении потребления энергии при малых выходных токах и получать КПД до 92%.

Для защиты потребителей от повреждений и преждевременного старения в преобразователь интегрирован полный набор защитных функций, включая блокировку при падении входного напряжения, отключение при перегреве и перегрузке по току, а также программируемый мягкий старт.

## Altium сообщила о выходе релиза Altium Designer 14.3

*В релизе Altium Designer 14.3 обновлены функции интерактивной трассировки, добавлены новые возможности, облегчающие повторное использование проектов и повышающие эффективность разработки электронных устройств*

Компания Altium сообщила о выходе обновленной версии интеллектуальной 3D системы проектирования печатных плат Altium Designer 14.3. С выпуском этого обновления команда разработчиков компании, приняв во внимание пожелания пользователей, улучшила поддержку существующего функционала и добавила новые возможности, которые позволят облегчить повторное использование проектов и повысить эффективность разработки электронных устройств.

В последней версии Altium Designer 14.3, доступной для всех подписанных пользователей, обновлен функционал поддержки вариантов компонентов (Component Variant



Support), который дает возможность разработки схем и печатных плат для дальнейшей ускоренной модернизации или использования альтернативных компонентов.

Для более эффективной поддержки гибких и жестко-гибких проектов печатных плат в новую версию программного обеспечения интегрирован мастер 3D STEP Export для экспорта указанных проектов печатных плат в свернутом (сложенном) состоянии. Ранее MCAD-разработчикам (автоматизированное проектирование механических устройств) необходимо было моделировать жестко-гибкие печатные платы как листовые детали, что сильно ограничивало точность проектирования. Интеграция мастера 3D STEP Export позволит открывать свернутые проекты гибко-жестких печатных плат в среде MCAD, не беспокоясь о сохранении формы и корректных геометрических размеров. Кроме того, пользователи могут использовать детальный анализ печатной платы, проверяя соединения и тепловые потоки.

Наряду с улучшением поддержки варрантов компонентов и интеграцией мастера 3D STEP Export, в редакторе схем Altium Designer 14.3 улучшен механизм перетаскивания соединений с целью повышения производительности. В основном это касается обработки пересекающихся соединений, меток цепей и соединительных узлов.

## Другие особенности обновленной версии:

- Улучшена производительность и скорость интерактивной системы трассировки (Interactive Routing Engine) и инструмента автоматической корректировки длины печатных проводников;
- Добавлена функция автоматического вращения компонентов на полярной сетке координат при круговом размещении;
- Улучшен механизм автоматического экранирования объектов топологии печатной платы с помощью инструмента Via Shielding (автоматическое экранирование любых объектов топологии платы переходными отверстиями);
- Улучшена работа функции Via Stitching (автоматическое соединение объектов топологии печатной платы на разных слоях с помощью массива переходных отверстий);
- Улучшенное использование внутренних слоев печатной платы для проектов с большой плотностью монтажа с автоматическим удалением неиспользуемых контактных площадок и переходных отверстий;
- Обновлены компоненты импортирования Mentor Graphics PADS и xDX Designer.

## Доступность

Обновление Altium Designer 14.3 и инсталлятор доступны для всех подписчиков Altium.

## Началось строительство первой в Латинской Америке гелиотермальной электростанции

*Renewable Energy World*

В соответствии с объявленной президентом Чили Мишель Баккле (Michelle Bachelet) национальной программой повышения энергоэффективности, предусматривающей инвестиции в инфраструктуру местной энергетики, несколько компаний сообщили о начале работ над новыми проектами в области солнечной энергетики.

Для первого в латинской Америке проекта гелиотермальной электростанции, реализуемого международной компанией Abengoa, была выбрана пустыня Атакама, – место с самым высоким уровнем инсоляции в мире.

110-мегаваттная станция оснащена накопителем энергии, заполненным расплавом солей, благодаря которому установка спо-





способна работать до 18 часов в отсутствие прямого солнечного света, что позволяет получать электроэнергию 24 часа в сутки.

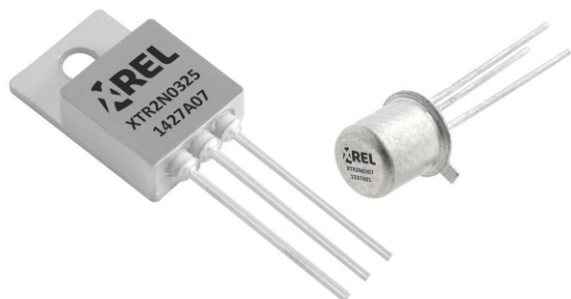
Башня и соляной накопитель используют энергию рядов зеркал (гелиостатов), отслеживающих положение солнца по двум осям, и концентрирующих солнечное излучение на приемном устройстве в верхней части башни. Затем тепло передается в накопитель, и, далее, в заполненный водой теплообменник, в котором жидкость генерирует пар, вращающий турбину электрогенератора.

В рамках стоящего \$1 млрд. проекта было создано порядка 700 рабочих мест, 50 из которых останутся постоянными.

## X-REL Semiconductor расширяет семейство высокотемпературных транзисторов



X-REL Semiconductor расширила семейство XTR2N своих высокотемпературных MOSFET, представив два новых P-канальных прибора средней мощности и два малосигнальных транзистора с каналами N и P типов. Предназначенные для высоконадежных приложений, имеющих увеличенный срок службы при работе в условиях экстремальных температур, таких, как преобразователи энергии, схемы управления питанием, трансляторы уровней и интерфейсы датчиков, новые устройства имеют отличные характеристики, как в ключевых, так и в линейных режимах, а также низкие токи утечки.



P-канальные транзисторы средней мощности, в соответствии с рабочим напряжением, разделены на два семейства. XTR2N0325 и XTR2N0350 предназначены для использо-

вания при максимальном напряжении сток исток, равном  $-30$  В, в то время как XTR2N0525 и XTR2N0550 рассчитаны на напряжение до  $-50$  В. Каждое подсемейство представлено транзисторами двух размеров, имеющими в обозначении суффиксы «25» и «50», и различающимися максимальными токами стока.

Малосигнальные транзисторы представлены 30-вольтовым P-канальным MOSFET XTR2N0307 и 80-вольтовым N-канальным XTR2N0807. Сопротивление открытого канала транзистора XTR2N0307 при  $230$  °C равно  $7$  Ом, а XTR2N0807 –  $9.1$  Ом. Соответствующие максимальные напряжения стоков равны  $-30$  В и  $80$  В, а непрерывные токи стоков –  $350$  мА ( $900$  мА в пике) и  $200$  мА ( $450$  мА в пике).

Как и остальные приборы, выпускаемые X-REL Semiconductor, транзисторы семейства XTR2N способны надежно работать в диапазоне температур от  $-60$  °C до  $+230$  °C, причем гарантированный срок службы при максимальной температуре составляет 5 лет. Высокотемпературные устройства нужны не только для работы в условиях повышенной температуры окружающей среды, но и там, где возможен саморазогрев мощных электронных схем, размещенных в неvented корпусах. Транзисторы X-REL целесообразно использовать также и при более низких температурах, например, в диапазоне от

100 °С до 200 °С, в котором они могут прослужить очень долго. К примеру, ожидаемый срок службы компонентов X-REL Semiconductor в схемах драйверов при температуре перехода 150 °С превышает 35 лет.

Устройства XTR2N уже подготовлены к немедленной поставке, как для специализированных, так и для массовых сегментов рынка, в высоконадежных герметичных или пластиковых корпусах, а также в виде протестированных бескорпусных кристаллов.

## О компании X-REL Semiconductor

Фаблесс-компания X-REL Semiconductor из французского города Гренобля специализируется на коммерциализации как стандартных полупроводниковых приборов и специализированных микросхем, так и заказных электронных устройств для особо надежных высокотемпературных приложений, используемых в аэрокосмической отрасли, на транспорте, в военной энергетике, в сфере газо- и нефтедобычи и в промышленности.

## Murata представила серию DC/DC преобразователей с высоким напряжением изоляции для питания драйверов IGBT

Компания Murata представила серию MGJ2 2-ваттных двухканальных DC/DC преобразователей с высоким напряжением изоляции. Эти компактные герметичные модули предназначены для питания драйверов затворов верхнего и нижнего плеча в мостовых схемах, использующих IGBT и MOSFET. Имея основную и дополнительную изоляцию, устойчивую к тестовому постоянному напряжению 5.2 кВ, и соответствуя международному стандарту безопасности UL60950 (в рассмотрении), серия MGJ2 может служить одним из ключевых элементов систем защитной изоляции в конечном продукте.

Заключенный в стандартный корпус формата SIP, модуль занимает на плате площадь 1.96 см<sup>2</sup> и обеспечивает удельную мощность 0.81 Вт/см<sup>3</sup>. Серия состоит из 12 моделей с входным постоянным напряжением 5, 12, 15 или 24 В. Для каждого входного напряжения доступны три варианта выходных напряжений: +15/-5 В, +15/-8.7 В и +20/-5 В.

Преобразователи отличаются высокой устойчивостью к dv/dt, что обеспечивает их надежную работу в приложениях с высокими



скоростями переключения. Так же, для обеспечения длительного срока службы, оптимизирована устойчивость к частичному разряду.

Серия MGJ2 рассчитана на диапазон рабочих температур, расширенный до +100 °С, что позволяет отнести ее к устройствам промышленного класса. Типичные области применения приборов включают мощные AC/DC преобразователи, драйверы двигателей и инверторы для солнечных электростанций.

Начата процедура сертификации на соответствие редакции 3 стандарта безопасности UL60601 для медицинских изделий.

## STMicroelectronics начала производство нового семейства ОУ с нулевым дрейфом для прецизионных датчиков и носимых изделий

Новое семейство TSZ121 операционных усилителей с нулевым дрейфом компании STMicroelectronics выпускается как в распорощенных стандартных корпусах, так и

в миниатюрных альтернативах. Самые точные в отрасли приборы предназначены для приложений Интернета вещей и носимых устройств, включая датчики температуры и

## Zero-drift op amps maximize choice and performance



мониторы физического состояния, а также для систем управления автомобилем.

Имея входное напряжение смещения 5 мкВ при 25 °С и температурную стабильность 30 нВ/°С, эти операционные усилители с импульсной стабилизацией идеально подходят для схем обработки сигналов или для измерения токов нижнего плеча. Уникальные характеристики приборов гарантируют высочайшую точность без использования подстройки, позволяя сократить количество компонентов и производственные расходы. Сверхнизкий температурный дрейф исключает деградацию системных характеристик при высокой температуре, делая ненужной процедуру автокалибровки и, в конечном счете, упрощая эксплуатацию системы.

Высочайшие точность и стабильность в сочетании с отличным отношением быстродействия к потребляемой мощности делают новые ОУ с нулевым дрейфом идеальным выбором для датчиков и интерфейсов

управления широкого диапазона питающихся от батарей приложений для Интернета вещей.

TSZ121, TSZ122 и TSZ124 расширяют линейку высокоточных приборов компании ST, в которой уже имеются такие некоммутируемые операционные усилители, как TSV711 и TSV731, образуя законченный ряд универсальных изделий, отвечающих широкому кругу системных и прикладных требований. Устройства работают при напряжении питания от 1.8 В до 5.5 В, потребляя при напряжении 5 В ток менее 40 мкА. Новые приборы имеют равное 400 кГц произведение коэффициента усиления на полосу пропускания и сверхнизкий ток смещения.

Одноканальный усилитель TSZ121 по выводам и корпусу совместим с аналогичными микросхемами других производителей. Двухканальный TSZ122 выпускается в популярных корпусах MiniSO-8 и SO-8, а также в миниатюрном корпусе DFN8 размером 2 × 2 мм. Вместе с четырехканальным усилителем TSZ124 в корпусах TSSOP-14 и QFN16 3 × 3 мм это семейство предоставляет возможность самого широкого в отрасли выбора усилителей с нулевым дрейфом.

Микросхемы семейства TSZ121 выпускаются серийно, и в партиях из 1000 приборов продаются по цене от \$0.95 за TSZ121 в корпусе SC70-5 или SOT-25L, до \$1.24 и \$1.62 за сдвоенные TSZ122 и счетверенные TSZ124, соответственно. Цены для других вариантов корпусов предоставляются по запросу.

## Плавающие динамики позволяют вам увидеть звук

*Electronic Products*

*Громкоговоритель позволяет визуально воспринимать звуки проигрываемой музыки*

Если вы следите за рынком акустических систем, обратите внимание на новый проект



Джорджи Бонагуро (Giorgio Bonaguro) и Хуана Сориано Бланко (Juan Soriano Blanco), создавших сферический громкоговоритель, конструкция которого позволяет визуально наблюдать звуковые волны вашей музыки.

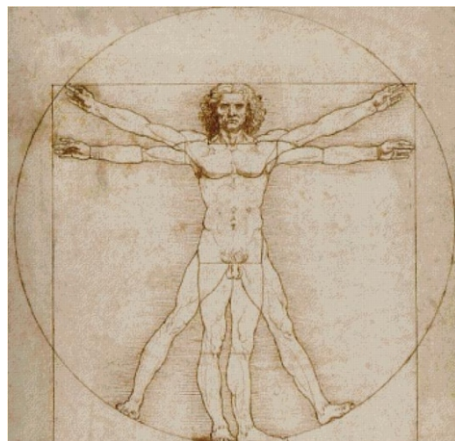
Громкоговоритель Vitruvius заключен в простой кубический деревянный каркас, в центре которого он удерживается с помощью восьми диагональных резиновых растяжек. Собственно динамик, сделанный из металла или керамики, перемещается взад и вперед



под воздействием силы звуковых волн, давая возможность «увидеть» движение звука.

Колонки Vitruvio оснащены дополнительным входом питания, что позволяет подключать к ним практически любое устройство для воспроизведения звука. В зависимости от предпочтений, дизайнеры могут сделать кубический каркас цельнометаллическим или деревянным.

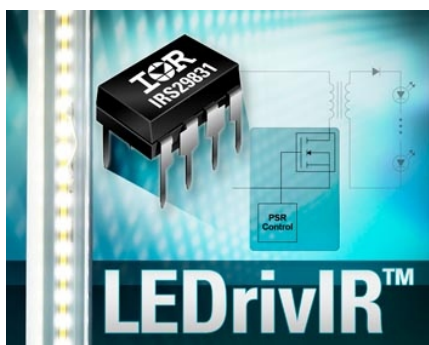
Несмотря на то, что созданное Бонагуро и Бланко устройство пока находится в стадии концепции, оно демонстрировалось на Нью-Йоркской выставке Wanted Design. На проект, как и на его название, их, фактически, вдохновили распростертые, как крылья орла, руки



Витрувианского человека, нарисованного Леонардо да Винчи.

## International Rectifier выпустила высокоинтегрированную микросхему управления драйверами светодиодов

International Rectifier представила высокоинтегрированную микросхему управления IRS29831 LEDrivIR, оптимизированную для работы в составе одноступенчатых обратных ходовых или повышающе-понижающих преобразователей, используемых в драйверах светодиодов, включая электронику трубчатых и направленных светильников, а также ретрофитных ламп.



В приборах с точной регулировкой мощности на первичной стороне объединены цепи управления драйвером светодиодов и мощный 700-вольтный MOSFET. Быстрый высоковольтный запуск позволяет создавать простые и недорогие решения с высоким коэффициентом мощности и низким уровнем суммарных гармоник.

Основанные на IRS29831 схемы драйверов совместимы с симисторными диммерами и обеспечивают плавное немерцающее управление яркостью свечения светодиодов. Устройства могут работать в широком диапа-

зоне входных напряжений. Для безопасной и надежной работы схемы предусмотрены переход в режим «икания» при обрыве нагрузки или чрезмерно высоком входном напряжении, поцикловое ограничение тока первичной стороны и защита от короткого замыкания нагрузки.

IRS29831 может также работать в режиме критической проводимости, а при облегченных нагрузках – в режиме прерывистой проводимости и в пульсирующем режиме. Драйвер позволяет создавать изолированные схемы без использования оптронов. Выпускаемые в 8-выводных корпусах DIP, драйверы обладают высокой помехоустойчивостью, защищены от электростатических разрядов, имеют малое время включения и потребляют небольшой ток.

### Основные технические характеристики

- Топология: обратноходовая
- Напряжение сток-исток: 700 В
- Максимальный ток стока: 0.65 А
- Максимальная выходная мощность: 25 Вт

### Доступность и цены

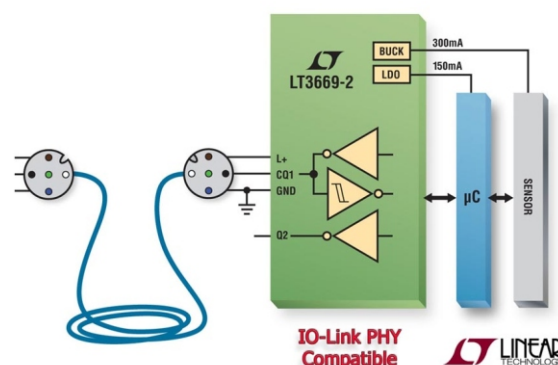
Цены, установленные на драйверы IRS29831, начинаются от \$1.25 за штуку в партиях из 10,000 приборов. Продукция отгружается со склада немедленно после подтверждения заказа. Устройства не содержат свинца и отвечают требованиям директивы RoHS. Цены могут изменяться.

## Linear Technology представила IO-Link трансивер с встроенным понижающим преобразователем напряжения и LDO стабилизатором

LT3669 – это совместимый с микросхемами физического уровня интерфейса IO-Link (COM1/COM2/COM3), промышленный трансивер компании Linear Technology, содержащий высокоэффективный понижающий преобразователь и линейный LDO стабилизатор напряжения. Микросхема обеспечивает защиту кабельного интерфейса в диапазоне напряжений  $\pm 60$  В. Для повышения системной надежности в схему включены детектор вхождения в активный режим и таймер сброса по включению питания. Микросхемы LT3669/-2 работают в диапазоне входных напряжений от 7.5 В до 40 В, что идеально согласуется с требованиями, предъявляемыми к датчикам промышленных устройств. Внутренний импульсный преобразователь напряжения микросхемы LT3669 рассчитан на выходной ток до 100 мА, тогда как LT3669-2 может отдать в нагрузку до 300 мА. Приборы сохраняют высокий КПД при выходных напряжениях от 0.8 В до 16 В. Встроенный линейный стабилизатор напряжения, питающийся от выхода преобразователя, добавляя разработчикам еще один выход, расширяет функциональность прибора. Синхронизация устройств может осуществляться либо от внешнего источника, либо от внутреннего генератора, частота которого программируется в диапазоне от 250 кГц до 2.2 МГц. Это сокращает до минимума количество необходимых внешних компонентов, что наряду с миниатюрным 28-выводным корпусом QFN размером 4 мм  $\times$  5 мм позволяет создавать очень компактные решения для промышленных датчиков с интерфейсом IO-Link.

Скорость нарастания напряжения и порог ограничения тока драйверов микросхем LT3669/-2 для оптимизации параметров электромагнитной совместимости программируются внешними компонентами. Драйверы линий могут отдавать в шины питания или «земли» ток до 250 мА каждый, или 500 мА при объединении их выходов, при этом величина остаточного напряжения не превышает 2.1 В. Схемные решения импульсных драйверов обеспечивают безопасную коммутацию мощных нагрузок. Для максимальной гибкости системы предусмотрена возмож-

ность реконфигурирования выходных каскадов драйверов для коммутации нагрузок, подключенных к шине питания, к шине «земля», или же для работы в двухтактном режиме. Из других особенностей приборов следует выделить наличие функций регистрации ограничения тока и защитного отключения при перегреве. LT3669EUF2 и LT3669EUF2-2 в 28-контактных корпусах QFN (4 мм  $\times$  5 мм) с уменьшенным тепловым сопротивлением поставляются непосредственно со склада компании. Цены начинаются от \$3.55 за микросхему при объеме партии 1000 штук. Промышленные исполнения LT3669IUF2 и LT3669IUF2-2 рассчитаны на диапазон температур перехода от  $-40$  °С до  $+125$  °С, а высокотемпературные версии LT3669HUF2 и LT3669HUF2-2 – от  $-40$  °С до  $+150$  °С.



### Основные характеристики LT3669/-2

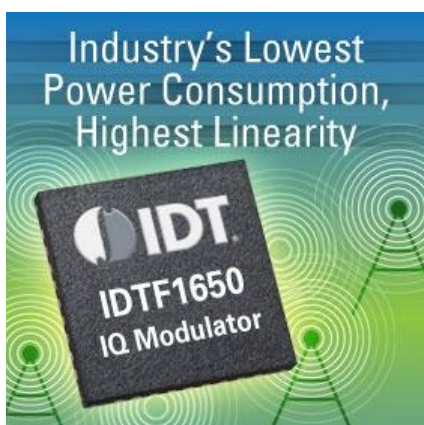
- Совместимость с IO-Link PHY (COM1/COM2/COM3);
- Защита кабельных интерфейсов в диапазоне напряжений  $\pm 60$  В;
- Диапазон входных напряжений от 7.5 до 40 В;
- Встроенный понижающий импульсный преобразователь напряжения;
- Максимальный ток нагрузки: 100 мА (LT3669), 300 мА (LT3669-2);
- Синхронизация от внешнего источника или от внутреннего генератора, перестраиваемого в диапазоне от 250 кГц до 2.2 МГц;

- Диапазон выходных напряжений: 0.8 В ... 16 В;
- Встроенный линейный LDO стабилизатор с током нагрузки до 150 мА;
- Надежные драйверы линий с настраиваемой скоростью нарастания и ограничителями тока;
- Адаптивные импульсные драйверы, способные безопасно переключать мощные нагрузки;
- Перестраиваемая конфигурация выходной цепи:
  - двухтактная,
  - для коммутации нагрузки, подключенной к шине питания,
  - для коммутации нагрузки, подключенной к шине «земля»;
- Небольшие 28-контактные корпуса QFN размером 4 × 5 мм с уменьшенным тепловым сопротивлением.

## IDT анонсирует малопотребляющий квадратурный модулятор для беспроводных коммуникационных систем следующего поколения

*Разработанная компанией IDT технология Zero-Distortion позволила ей создать самый экономичный в отрасли модулятор*

Компания Integrated Device Technology (IDT) представила новый квадратурный модулятор с наименьшим в отрасли потреблением мощности и с самой высокой линейностью среди современных продуктов для беспроводных систем. Микросхема IDTF1650 может непосредственно подключаться к двоянным высококачественным ЦАП, благодаря чему за счет сокращения количества элементов потребляемая системой мощность уменьшается до двух раз, а интермодуляционные искажения третьего порядка снижаются на 12 дБ по сравнению с устройствами, предлагаемыми конкурентами. Устройства хорошо подойдут для высококачественных MIMO (упрощенно – многоканальных по входу и выходу) LTE коммуникационных систем, к которым предъявляются особо высокие требования по уровню потребляемой мощности.



В типичных многорежимных передатчиках базовых станций с несколькими несущими ограниченная линейность и большая потребляемая мощность модулятора негативно влияют на коэффициент мощности, просачивающейся в соседние каналы, и на энергопотребление оборудования цифровой коррекции предискажений. Используемая в микросхемах IDTF1650 технология Zero-Distortion (Нулевые искажения) позволяет решить эти проблемы и дать разработчикам прибор с очень высокими точками пересечения интермодуляции второго (OIP2 = 60 дБм) и третьего (OIP3 = 35 дБм) порядка при очень низкой мощности потребления (500 мВт).

Реализованная в IDTF1650 технология MIMO, позволяет сберечь до 4 Вт потребляемой мощности, улучшить спектральные характеристики и снизить величину векторной погрешности. Устройство отличается сверхвысокой линейностью, имеет коэффициент усиления 3 дБ при очень низком уровне вносимых шумов, и может напрямую подключаться к ЦАП с популярными интерфейсами JESD204B и DDR.

### Основные параметры модулятора

- Коэффициент усиления: 3.25 дБ
- Входной импеданс дифференциальных входов ЦАП: 100 Ом
- Потребляемая мощность: менее 590 мВт на частоте 2 ГГц

- Выходной шум: –158 дБм/Гц
- OIP2: +60 дБм на частоте 2 ГГц
- OIP3: +36 дБм на частоте 2 ГГц
- Отличное подавление сигналов гетеродина и зеркальной частоты
- Спад на частоте 600 МГц: менее 1 дБ
- Диапазон частот: 600 ... 2400 МГц

- Напряжение питания: 3.3 В
- Несимметричный или дифференциальный вход гетеродина

### Доступность

IDTF1650 выпускаются серийно в 24-выводных корпусах VFQFPN размером 4 × 4 мм.

## Переключатели нагрузки компании Diodes защищают USB-порты

Компания Diodes выпустила на рынок одноканальный переключатель нагрузки AP22802, предназначенный для всесторонней защиты межсоединений, подверженных риску повреждения импульсными перенапряжениями или короткими замыканиями. Обнаружив неисправность, AP22802 быстро ограничивает выходной ток до безопасного уровня. Это высокоинтегрированное устройство, оптимизированное для защиты стандартных интерфейсов USB и других приложений с горячим подключением, выпускается в малогабаритном корпусе SOT25 и занимает на плате площадь всего 9 мм<sup>2</sup>.



Типичное значение порога ограничения тока AP22802 равно 2.7 А в рабочем диапазоне входных напряжений от 2.7 В до 5.5 В. Для

дополнительной гибкости использования разработчикам предлагаются два варианта микросхемы: с активным низким и активным высоким уровнями на входах разрешения.

Функция блокировки при пониженном входном напряжении гарантирует, что внутренний силовой ключ будет оставаться выключенным до тех пор, пока напряжение на входе не достигнет минимального уровня 2 В, даже при активном уровне сигнала на входе разрешения, что бывает очень полезно в конструкциях одноканальных систем с горячим подключением.

Совокупность функции автоматического разряда микросхемы AP22802 и встроенного мощного N-канального МОП ключа создает надежный резистивный путь, который позволяет устройству безопасно удалять остаточное выходное напряжение, когда ключ закрыт, а на выходе отсутствует какая-либо нагрузка.

Набор защитных функций дополняется детектором перегрева с самовосстановлением рабочего режима, цепью блокировки обратного тока и управляемым временем нарастания. Выход флага ошибки с открытым стоком сообщает о токовой перегрузке переключателя или о перегреве, причем для исключения ложных срабатываний сигнал флага задержан на 6 мс.

## International Rectifier представила первые образцы MOSFET со сверхнизким сопротивлением канала в новых корпусах

International Rectifier представила первые приборы из нового семейства MOSFET Large Can DirectFET, предназначенных для промышленных приложений, требующих сверх-

низких сопротивлений открытого канала (RDS(ON)), в частности, для схем управления мощными двигателями постоянного тока, DC/AC инверторов и коммутаторов больших

токов в таких приложениях, как системы горячего резервирования и электрически программируемые предохранители (eFuse).

Устройства в новых корпусах Large Can с размерами 7 9 0.7 мм имеют исключительно низкое сопротивление канала RDS(ON), сокращающее потери проводимости и повышающее эффективность системы. Так же, как устройства DirectFET в малых (Small Can) и средних корпусах (Medium Can), приборы Large Can обеспечивают двухстороннее охлаждение, улучшающее теплообмен и способствующее повышению плотности мощности. В сочетании со сверхнизкопрофильным корпусом (0.7 мм) транзисторы будут идеальным решением для мощных промышленных систем с ограниченным пространством.

Как и все семейство DirectFET, новые промышленные приборы Large Can имеют беспроволочное соединение кристалла с выводами корпуса, существенно повышающее их надежность. Помимо этого, корпус DirectFET полностью отвечает предписаниям директивы RoHS, таким, как отсутствие свинца в используемых материалах, и, следовательно, хорошо подходит для конструкций с длительным жизненным циклом.

Все новые устройства Large Can рассчитаны на работу в промышленном диапазоне температур и соответствуют первому уровню устойчивости к повышенной влажности (MSL1).

### Технические характеристики

Прибор	V <sub>DSS</sub> (В)	R <sub>DS(ON)</sub> макс. @ 10 В	I <sub>D</sub> (А)	Q <sub>G</sub> (нК)
IRF7739L1TRPBF	40	1.0 мОм	270	220
IRF7749L1TRPBF	60	1.5 мОм	200	200
IRF7748L1TRPBF	60	2.2 мОм	138	148
IRF7759L2TRPBF	75	2.3 мОм	160	200
IRF7769L1TRPBF	100	3.5 мОм	124	200
IRF7779L2TRPBF	150	11 мОм	67	97

### Доступность и цены

Цены на новые приборы семейства Large Can DirectFET установлены в диапазоне от \$1.40 за один транзистор IRF7748L1TRPBF до \$1.78 за IRF7739L1TRPBF при покупке партиями от 10,000 штук. Отгрузка производится немедленно, непосредственно со склада компании. Цены могут пересматриваться.

## IDT выпустила самый миниатюрный в мире 2-ваттный беспроводной приемник энергии для носимой электроники

*Запатентованная технология, использованная при создании микросхемы IDTP9026, позволит отказаться от многих внешних компонентов и сократить площадь печатной платы*

Integrated Device Technology (IDT) выпустила самую миниатюрную в мире 2-ваттную микросхему беспроводного приема энергии и заряда аккумуляторов, заключив передовые технологические решения в миниатюрный корпус, идеальный для любых компактных устройств, включая приложения, носимые на руке. Благодаря высокому уровню интеграции микросхемы IDTP9026, для ее работы требуется меньше внешних элементов, чем для аналогичных продуктов конкурентов, что позволит разработчикам минимизировать площадь печатной платы и перечень компонентов. Законченное устройство на основе IDTP9026 можно разместить на площади



всего 30 мм<sup>2</sup>, в то время как представленным сегодня на рынке решениям требуется 65 мм<sup>2</sup>. Чип полностью соответствует требо-

ваниям стандартов WPC-1.1 консорциума Wireless Power.

Однокристалльный прибор IDTP9026 вошел в быстро растущее семейство создаваемых IDT беспроводных приемников энергии, в основу которых заложена запатентованная технология, позволяющая отказаться от многих традиционно используемых пассивных компонентов и сократить стоимость конечного изделия без ущерба для его характеристик.

С помощью встроенного интерфейса I<sup>2</sup>C можно запрограммировать величину зарядного тока, напряжение заряда, ток прекращения заряда и параметры петли регулирования теплового режима. Используя интерфейс I<sup>2</sup>C для чтения, можно получить значения

таких параметров, как температура аккумулятора и кристалла, напряжение заряда и ток заряда, что позволит создавать нестандартные схемы управления, или же передавать эти параметры системным приложениям и интерфейсу пользователя.

Для построения завершенной системы IDT рекомендует использовать микросхему IDTP9038 – первый в отрасли однокристалльный передатчик беспроводной энергии, поддерживающий напряжение питания 5 В и отвечающий стандарту Qi. Оба устройства полностью совместимы друг с другом.

### Доступность

Образцы микросхем IDTP9026 пока предоставляются только привилегированным потребителям.

## Teledyne LeCroy анонсирует 8-канальный 12-битный осциллограф с полосой 1 ГГц

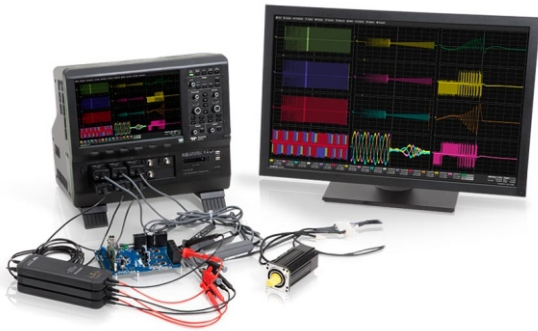
*Больше, точнее, быстрее – больше каналов, выше точность и более широкая полоса пропускания – идеальное сочетание для анализа мощных трехфазных электронных систем*

Teledyne LeCroy анонсировала линейку осциллографов HDO8000 с восемью аналоговыми входными каналами и вертикальным разрешением 12 бит. В осциллографах с полосой пропускания до 1 ГГц использована разработанная Teledyne LeCroy технология HD4096. К осциллографам серии HDO8000 предлагается богатый выбор опций анализа смешанных сигналов, последовательных данных, дополнительной памяти, а также щупов и аксессуаров.



HDO8000 идеальны для анализа мощных трехфазных силовых электронных систем. Мировой рынок силовой электроники растет с большой скоростью, в особенности в области трехфазных преобразователей большой мощности, используемых в распределенных солнечных и ветряных системах генерации энергии, а также в силовых установках электрических и гибридных транспортных средств. Возникающие новые и ужесточающиеся старые требования к эффективности электрических двигателей и частотно-регулируемых электроприводов также способствуют увеличению спроса на трехфазную силовую электронику.

Кроме того, восьмиканальные осциллографы с высоким разрешением будут весьма полезны при наладке встроенных устройств в таких приложениях, как автомобильные электронные блоки управления, бытовая техника (например, холодильники, стиральные машины) и промышленные системы (робототехника), которые представляют собой сложную смесь силовой электроники, блоков питания, цепей синхронизации, цифровой логики, последовательных данных и сигналов аналоговых датчиков. Чем больше число каналов,



и чем выше разрешающая способность, тем быстрее и проще можно понять поведение встроенной системы.

### Технология высокого разрешения HD4096

Технология высокого разрешения HD4096 опирается на использование 12-разрядных АЦП с большой скоростью выборки, усилителей с высоким отношением сигнал/шум и малозумящей общей архитектуры системы. Технология позволяет захватывать и отображать сигналы с полосой вплоть до 1 ГГц с точностью, в 16 раз превосходящей точность других осциллографов. Помимо HD4096, в осциллографах HDO8000 используется разработанная Teledyne LeCroy специальная технология фильтрации ERES (Enhanced Resolution – Улучшенное разрешение), которая дает пользователю возможность получить еще три дополнительных бита разрешающей способности, доводя эквивалентное вертикальное разрешение до 15 бит.

### Режим мультитаблиц Q-Scape

Teledyne LeCroy разработала новый режим отображения Q-Scape, в русскоязычных публикациях получивший название «Режим мультитаблиц», позволяющий в четыре раза увеличить полезную площадь дис-



плея и улучшить организацию наблюдения большого количества каналов, а также результатов масштабирования и математической обработки (до 40) на дисплее осциллографа с разрешением WXGA и диагональю 12.1". Всего доступны четыре закладки. Осциллограммы и графики рассчитанных сигналов можно легко перетаскивать в любое удобное место, чтобы их расположение делало анализ максимально интуитивно понятным. Особенно полезен режим Q-Scape при анализе трехфазных систем, для отображения каждой фазы которых могут быть выделены отдельные закладки.

Для тех, кому требуется дисплей большей площади и с еще более высоким разрешением, в HDO8000 предусмотрен видео выход DisplayPort 1.2, поддерживающий внешний монитор с разрешением WQXGA (3840 2160 пикселей). Подобный монитор можно использовать для наблюдения осциллограмм, в то время как на более скромном дисплее осциллографа может быть открыто окно другой программы, например, MATLAB.

### Мощные средства анализа

При стандартном объеме памяти выборки 50 млн. точек на канал доступны опции 100 или 250 млн. выборок. Столь большая память идеальна для анализа встроенных электронных и электронно-механических систем с высокоскоростными микропроцессорами, сигналы которых случайным образом сочетаются с медленными сигналами ШИМ, последовательными данными или сигналами аналоговых датчиков. Вместе с приборами Teledyne LeCroy предлагает обширный набор инструментов для статистического, частотного и временного анализа с использованием режимов слежения, линий тренда, гистограмм и множества других математических средств. Режим слежения, например, может быть полезен при анализе сигналов ШИМ. Предлагается также множество опций, основанных на программном обеспечении осциллографа.

Материнская плата на основе процессора Intel Core i5-4670s Quad с 8 ГБ оперативной памяти обеспечивает быструю и эффективную обработку выбранных данных, а также позволяет выполнять на осциллографе программы сторонних разработчиков. Для реализации опций 100 и 250 млн. выборок объем оперативной памяти платы можно наращивать до 32 ГБ.

## Доступность HDO8000

В настоящее время доступны модели с полосой 350 МГц (HDO8038), 500 МГц (HDO8058) и 1 ГГц (HDO8108). Помимо основных приборов покупатель может

выбрать множество дополнительных щупов, средств синхронизации и декодирования сигналов последовательных интерфейсов, а также пакетов прикладных программ. Начало поставок ожидается в ближайшее время.

## Типовые проекты Microchip MOST ToGo позволят упростить разработку автомобильных информационно-развлекательных систем

*Завершенные типовые проекты, в состав которых входят готовые аппаратные узлы, ПО и документация для физических уровней MOST50 Electrical и MOST150 Coax позволяют инженерам сосредоточиться на разработке основного приложения*

Компания Microchip анонсировала два завершенных типовых проекта серии MOST ToGo, которые призваны упростить изучение технологии MOST и практическую реализацию автомобильных информационно-развлекательных систем. Типовые проекты MOST ToGo позволят конструкторам и проектировщикам сосредоточиться на разработке основного программного приложения, а не на изучении различных спецификаций технологии MOST. В состав типовых проектов входят три аппаратных узла, поддерживающих сетевую технологию MOST, исходные коды, документация и каталог функций – все, что необходимо для изучения, разработки и отладки целостного системного MOST проекта, от концепции до тестирования прототипа. Типовые проекты могут использоваться в качестве основы для критически важных цепей или для быстрого создания демонстрационного проекта, и позволяют значительно сократить общее время на разработку и тестирование.



MOST (Media Oriented Systems Transport) – стандарт де-факто для мультимедиа и

информационно-развлекательных систем в автомобиле, описывающий систему шин для передачи данных. Шина MOST разработана группой ведущих мировых производителей электроники и автомобилей (BMW Group, VAG Group, Mercedes). Основное преимущество этих шин заключается в том, что они позволяют избежать искажений сигнала и данных в насыщенной различными электромагнитными помехами среде современного автомобиля и, в свою очередь, не допустить увеличения уровня этих помех. Стандарт определяют возможность объединения различных устройств автомобиля в сеть при использовании оптического или электрического физического уровня.

### Основные преимущества MOST технологии:

- используется одно физическое соединение для передачи аудио, видео, данных и управляющих сигналов;
- поддерживаются различные физические уровни (оптический, неэкранированная витая пара, коаксиальный кабель);
- поддержка скорости передачи данных 25, 50, 150 Мбит/с;
- обеспечивает основу для подключения к сети различных мультимедиа интерфейсов.

В состав представленных типовых проектов входит аппаратная часть и готовый программный стек, что поможет разработчикам провести тестирование своих устройств на совместимость. Все высокоинтегрированные отладочные платы в комплектах снабжены разъемом для подключения дочерних плат с целью расширения функционала.



Типовой проект MOST150 cPhy MOST ToGo Evaluation Kit (B20001) предназначен для разработки MOST систем с подключением по коаксиальному кабелю и скоростью передачи данных до 150 Мбит/с. В состав типового проекта входят три оценочных платы OS81110 cPhy Evaluation Board (B20002), выполненные на интеллектуальном контроллере сетевого интерфейса OS81110 и приемопередатчике для коаксиального интерфейса шины MOST OS82150.

Типовой проект MOST50 ePhy MOST ToGo Evaluation Kit (B20004) предназначен для

разработки MOST систем с подключением по неэкранированной витой паре и скоростью передачи данных до 50 Мбит/с. Три оценочные платы OS81092 ePhy Evaluation Board (B20003), входящие в комплект, выполнены на интеллектуальном контроллере сетевого интерфейса OS81092.

Официальная цена представленных типовых проектов \$2599, стоимость одной оценочной платы – \$699.

Типовые проекты, а также указанные оценочные платы доступны для заказа.

## CSR выпускает отладочный набор CSRMesh для быстрой разработки приложений Интернета Вещей

*Полнофункциональный отладочный набор предназначен для ускорения разработки и прототипирования сетевых устройств Bluetooth Smart, использующих протокол CSRMesh*

Компания CSR анонсировала отладочный набор CSRMesh Development Kit, который позволит разработчикам изучить протокол CSRMesh Bluetooth Smart и ускорить разработку беспроводных сетевых устройств и приложений сферы Интернета Вещей. Приобретая набор, пользователи получают несколько отладочных плат, USB программатор и доступ к платформе разработки приложений (SDK), содержащей примеры приложений и дополнительные материалы. В SDK в качестве первого шага предлагаются примеры приложений, поддерживающие сетевые протоколы управления освещением. В дальнейшем пользователю доступны обновления для разработки домашних систем авто-

матизации и других приложений Интернета Вещей на основе протокола CSRMesh.

Протокол CSRMesh, представленный компанией в начале года, позволяет объединить практически неограниченное количество устройств Bluetooth Smart в одну сеть, контролировать которые можно будет непосредственно с одного смартфона, планшетного ПК или ПК. Технически такое решение объединяет протокол контроля и управления с надежными высокоинтегрированными модулями Bluetooth Smart компании CSR, включая семейство CSR101x. Протокол CSRMesh уже удачно адаптирован некоторыми производителями систем освещения, включая компанию Samsung.

Протокол CSRMesh использует Bluetooth Smart для отправки сообщений другим устройствам Bluetooth Smart в сети. Сообщения могут быть адресованы отдельным устройствам или группе устройств, не исключается адресация устройств, принадлежащих нескольким группам. Управление возможно с любого смартфона, поддерживающего стандарт Bluetooth Smart или посредством любого устройства управления (например, современного выключателя освещения или панели управления) с интегрированным модулем Bluetooth Smart.



## Ключевые особенности:

- **Неограниченные возможности управления**

Протокол CSRMesh работает непосредственно с устройством Bluetooth Smart. В задачи протокола входит не только прием и обработка сообщений, но и трансляция их окружающим устройствам, что расширяет диапазон действия сети Bluetooth Smart.

- **Простая установка**

Просто включите питание и управляйте устройствами Bluetooth Smart с помощью приложения на мобильном устройстве.

- **Высокий уровень безопасности**

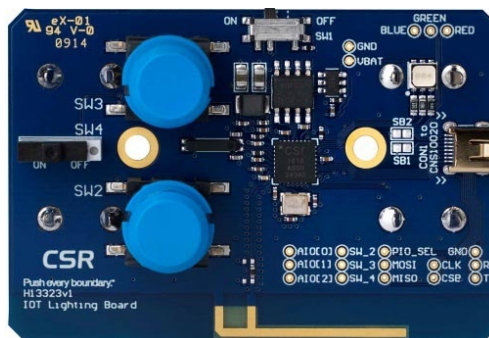
Протокол CSRMesh использует высокоуровневое шифрование, обеспечивающее надежную и безопасную передачу данных в сети. Для повышенной безопасности имеется дополнительный режим аутентификации.

- **Широкий спектр приложений**

Несмотря на то, что протокол CSRMesh изначально был разработан для беспроводного управления освещением, он поддерживает модели и для других приложений, включая системы домашней автоматизации.

- **Технология**

CSRMesh – это протокольный уровень, который работает поверх стандарта Bluetooth 4.0. Он поддерживается как на однорежимных Bluetooth Smart, так и на двухрежимных Bluetooth Smart Ready устройствах.



В состав отладочного набора входят три целевых платы, программатор USB-SPI, элементы питания типоразмера AA, набор кабелей и документация.

На целевой плате установлена микросхема CSR1010, микросхема памяти EEPROM, RGB светодиод, переключатель, разъем для подключения программатора, батарейный отсек (с обратной стороны платы), контактные площадки для подключения дополнительной внешней периферии.

Все необходимое ПО, включая интегрированную среду разработки CSR xIDE, примеры приложений для целевых плат и приложений для Host-устройства с исходными кодами для ОС Google Android и Apple iOS доступны для скачивания на сайте компании.

Отладочный набор CSRMesh (DK-CSR1010-10184-1A) и дополнительные целевые платы (DB-CSR1010-10185-1A) доступны для заказа по цене \$299 и \$49, соответственно.

## NVE представляет высоковольтные изоляторы

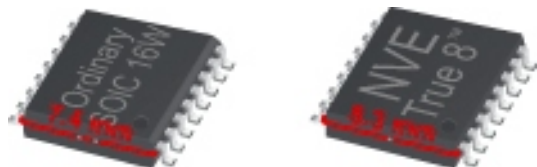
*Новые изоляторы серии V обеспечивают лучшие в своем классе напряжение изоляции 5000 В и рабочее напряжение 1000 В*

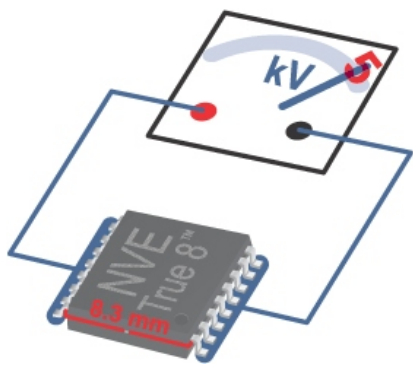
NVE Corporation объявила о выпуске новой версии отмеченных наградами изоляторов IsoLoop с напряжением изоляции пять киловольт. Новая серия V обеспечивает беспрецедентное сочетание напряжения изоля-

ции, рабочего напряжения, быстродействия и рабочей температуры.

Среди лучших в своем классе параметров серии V следует выделить:

- Напряжение изоляции 5 кВ с.к.з. (в течение 1 минуты) в соответствии со стандартом UL1577;
- Рабочее напряжение 1000 В (напряжение сети) согласно стандарту VDE 0884-10;
- Скорость передачи данных 110 Мбит/с;





- Рабочую температуру до 125 °C;
- Сопротивление изоляции 100 ТОм.

### Уникальный барьер

Изоляция обеспечивается созданным NVE уникальным композитным керамико-полимерным изолирующим барьером с сопротивлением 100 ТОм и экстраполированным сроком службы 44,000 лет.

### Истинные 8 мм длины пути утечки по корпусу

Новые изоляторы выпускаются в разработанном NVE корпусе True 8, отвечающем требованиям стандарта IEC 60601 в части обеспечения длины пути утечки по корпусу, рав-

ной 8 мм. При использовании обычных расширенных корпусов гарантировать полное соответствие этой длины стандарту было невозможно.

### Тщательное тестирование

Изоляторы серии V проходят стопроцентную проверку на напряжение изоляции 6000 В с.к.з. (8486 В в пике), а также на лучшее в своем классе рабочее напряжение 1000 В с.к.з., удовлетворяющее стандарту VDE 0884-10.

### Основные приложения

Новые компоненты предназначены для приложений с повышенными требованиями к напряжению изоляции, предъявляемыми, например, к медицинскому оборудованию, интерфейсам интеллектуальных электросетей, приводам двигателей и источникам питания.

### Доступны уже сейчас

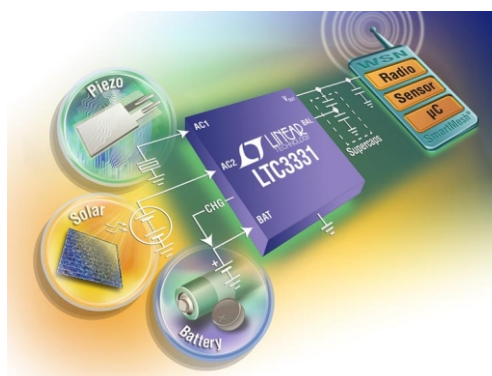
Варианты наиболее популярных типов изоляторов серии V доступны уже сейчас. Планируется дальнейшее расширение серии.

## Linear Technology создала схему сбора энергии с микромощным повышающе-понижающим DC/DC преобразователем и устройством заряда аккумулятора

Linear Technology анонсировала микросхему LTC3331 – законченное решение для сбора энергии, способное при достаточной мощности источника отдавать в нагрузку до 50 мА непрерывного выходного тока, увеличивая таким образом время службы основного источника питания. Простой 10-миллиамперный шунт позволяет заряжать аккумулятор собираемой энергией, а функция отключения предохраняет аккумулятор от глубокого разряда. При питании нагрузки внешней энергией LTC3331 потребляет от аккумулятора всего 200 нА, и 950 нА в отсутствие нагрузки.

В микросхеме объединены высоковольтная схема сбора энергии, устройство заряда аккумулятора и питающийся от аккумулятора синхронный повышающе-понижающий преобразователь, выходное стабилизированное напряжение которого может использоваться в таких приложениях, как,

например, сети беспроводных датчиков. Схема сбора энергии, состоящая из двухполупериодного выпрямителя и высокоэффективного понижающего преобразователя, способна использовать энергию пьезоэлектрических (переменное напряжение), солнечных (постоянное напряжение) или магнитных (постоянное напряжение) источников. При отсутствии внешней энергии к повышающе-понижающему преобразователю подключа-



ется аккумулятор, напряжение которого может быть ниже, равно или выше требуемого выходного напряжения. Переключение на резервный источник происходит автоматически, как только мощности внешнего источника для питания нагрузки становится недостаточно.

LTC3331 работает при входных напряжениях от 3 В до 19 В переменного или постоянного тока, что позволяет использовать прибор с разнообразными источниками солнечной, пьезоэлектрической или магнитной энергии. Порог блокировки при пониженном входном напряжении программно изменяется в диапазоне от 3 В до 18 В, благодаря чему устройство всегда может работать в точке максимума передаваемой мощности. Кроме того, в микросхеме предусмотрены внешние выводы для программирования выходного напряжения DC/DC преобразователя и пикового входного тока, а также цепь балансировки ионисторов и параллельный стабилизатор защиты входа, рассчитанный на ток до 25 мА при входном напряжении от 20 В.

Микросхема LTC3331EUN выпускается в корпусе QFN площадью 5 × 5 мм. Цены за один прибор из партии в 1000 шт. начинаются от \$3.55. Доступны версии LTC3331IUN, предназначенные для работы в промышленном диапазоне температур, начальная цена которых составляет \$3.90. Все микросхемы поставляются со склада.

## Сводка основных особенностей LTC3331

- Одноканальный двухвходовый DC/DC преобразователь со схемой приоритетного выбора входов:
  - Вход сбора энергии: понижающий DC/DC преобразователь с входным напряжением от 3.0 В до 19.0 В;
  - Вход аккумулятора: повышающе-понижающий DC/DC преобразователь с входным напряжением до 4.2 В;
- 10-миллиамперное шунтовое зарядное устройство с программируемыми напряжениями заряда 3.45 В, 4.0 В, 4.1 В и 4.2 В;
- Отключение разряженного аккумулятора;
- Сверхнизкий ток покоя: 950 нА в отсутствие нагрузки;
- Интегрированная схема балансировки ионисторов;
- Выходной ток до 50 мА;
- Программируемые значения выходного напряжения DC/DC преобразователя, порога блокировки при пониженном входном напряжении и пикового входного тока;
- Интегрированный двухполупериодный выпрямитель с малыми потерями;
- Шунтовая защита входа: до 25 мА при входном напряжении большем или равном 20 В;
- 32-выводной корпус QFN 5 × 5 мм.

## X-REL Semiconductor выпустила серию высокотемпературных многофункциональных логических вентилях XTR54000

X-REL Semiconductor представила серию высокотемпературных многофункциональных логических вентилях XTR54000.



Предназначенные для таких высоконадежных приложений, как автомобильное, авиационное и буровое оборудование, имеющие увеличенный срок службы при работе в условиях экстремальных температур, микросхемы семейства XTR54000 могут использоваться для прямой замены стандартных логических схем серий 54НС и 74НС с напряжением питания от 2.8 В до 5.5 В.

Семейство XTR54000 разделено на четыре основные функциональные группы «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «ИЛИ» и «НЕ», все входы которых имеют триггеры Шмитта. Универсальный набор функций



позволяет использовать XTR54000 для реализации любой комбинаторной логики.

Как и остальные приборы, выпускаемые X-REL Semiconductor, вентили семейства XTR54000 LOGIC способны надежно работать в диапазоне температур от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+230\text{ }^{\circ}\text{C}$ , причем гарантированный срок службы при максимальной температуре составляет 5 лет.

Устройства XTR54000 уже доступны для приобретения, как мелкими, так и промышленными партиями. Потребители могут заказать микросхемы в высоконадежных герметичных керамических корпусах, в пластиковых корпусах или в бескорпусном исполнении.

# Сравнение линейных и импульсных регуляторов напряжения в промышленных приложениях с шиной 24 В

Rich Nowakowski, Robert Taylor, Texas Instruments

Analog Applications Journal

Линейные регуляторы окружали нас на протяжении многих лет. Некоторые разработчики до сих пор используют в новых проектах линейные стабилизаторы напряжения, разработанные более двух десятилетий назад. А кто-то создал собственные схемы на дискретных компонентах. По простоте и дешевизне линейные регуляторы не имеют себе равных в сфере преобразователей напряжения. Однако в слаботочных приложениях с питанием от шины 24 В, используемой, например, в средствах промышленной автоматизации или в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, при слишком большом падении напряжения могут возникнуть проблемы, связанные с

выделением тепла. К счастью, разработчикам теперь доступны разнообразные компактные, высокоэффективные импульсные регуляторы с широким диапазоном входных напряжений.

В предлагаемой статье сравниваются три различных подхода к созданию стабилизатора напряжения с выходным напряжением 5 В и максимальным током нагрузки 100 мА, получающего питание от шины 24 В. Синхронный понижающий преобразователь сравнивается с интегральным линейным регулятором и с линейным регулятором на дискретных элементах. Сравнение размеров, КПД, тепловых характеристик, переходных характеристик, шумов, сложности схемы и ее стоимости

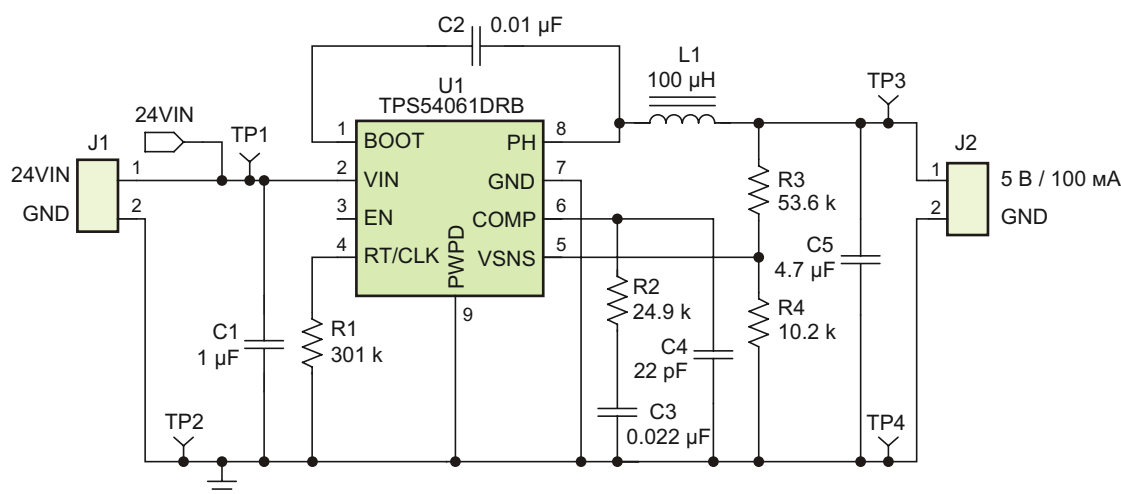
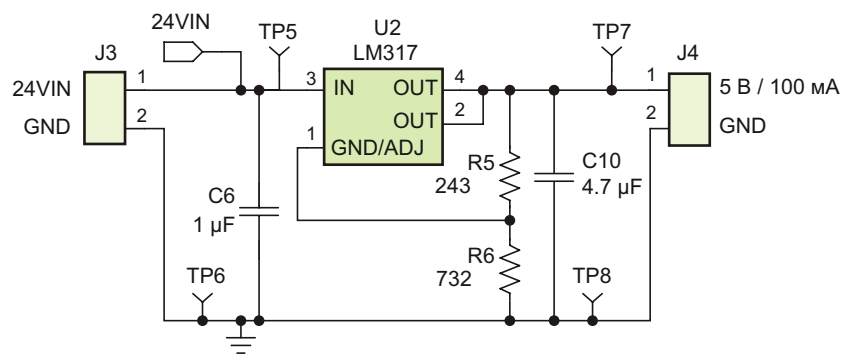
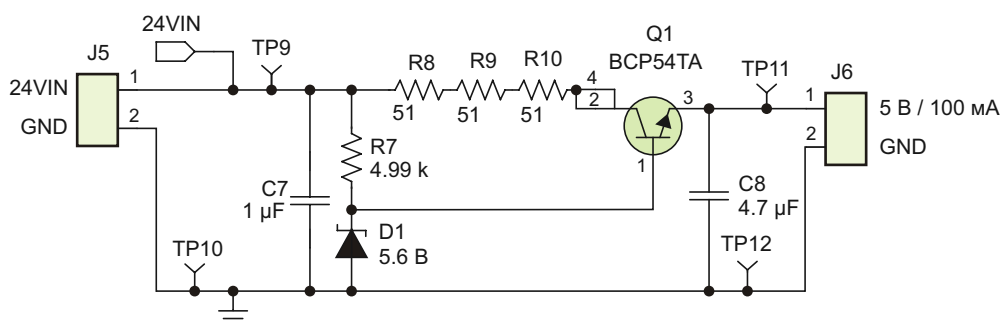


Рисунок 1. Импульсный понижающий регулятор с интегрированными MOSFET.



**Рисунок 2.** Интегральный линейный регулятор с широким диапазоном входных напряжений.



**Рисунок 3.** Дискретный линейный регулятор.

поможет конструкторам сделать выбор варианта, наилучшим образом отвечающего требованиям конкретного приложения.

### Условия сравнения

Напряжение 5 В требуется в большинстве промышленных приложений, использующих шину 24 В, для питания, например, логических схем и низковольтных микропроцессоров. Ток 100 мА был выбран как достаточный для большинства подобных нагрузок. Однако на принятие решения о выборе импульсного или линейного регулятора может повлиять уровень рассеиваемой мощности. Изображенные на Рисунках 1, 2 и 3 схемы собраны на общей печатной плате с использованием абсолютно одинаковых конденсаторов емкостью 1 мкФ на входе и 4.7 мкФ на выходе.

В схеме на Рисунке 1 используется выпускаемый Texas Instruments синхронный понижающий преобразователь TPS54061 с интегрированными силовыми MOSFET. Заметим, что этой схеме не требуется фиксирующий диод, но нужны индуктивность, пять конденсаторов и четыре резистора, часть из которых устанавливается в цепь частотной компенсации петли ОС. Схема настроена таким

образом, чтобы в ней можно было использовать такие же входные и выходные конденсаторы, как и в линейных схемах, изображенных на Рисунках 2 и 3.

Конструкция, изображенная на Рисунке 2, основана на популярном, давно ставшем стандартом отрасли линейном стабилизаторе LM317 с широким диапазоном входных напряжений и выходным током до 1.5 А. В схеме использованы два внешних резистора и два конденсатора. Существенное различие между входным и выходным напряжениями и, соответственно, большая рассеиваемая мощность, требуют использования микросхемы в корпусе с низким тепловым сопротивлением (DDPak).

Для реализации схемы на дискретных приборах, показанной на Рисунке 3, требуются транзистор, стабилитрон, два внешних конденсатора и четыре резистора. Стабилитрон с напряжением пробоя 5.6 В подключен к базе NPN транзистора. Падение на переходе база-эмиттер уменьшает выходное стабилизированное напряжение примерно до 5 В. Внешние резисторы принимают на себя рассеяние части избыточной мощности, облегчая тепловой режим транзистора.

**Таблица 1.** Площадь платы и количество компонентов

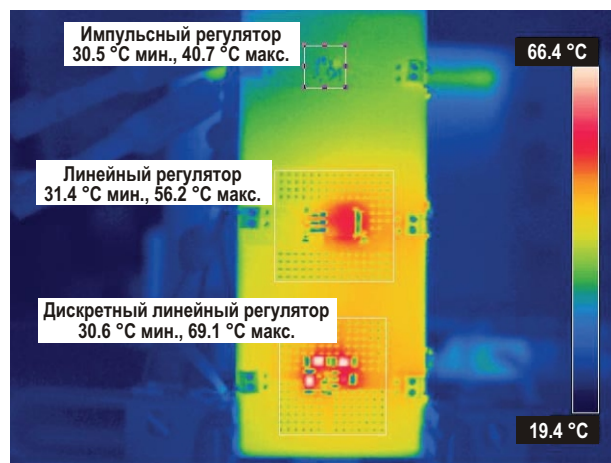
Тип регулятора	Площадь платы (см <sup>2</sup> )	Количество компонентов	Сложность
Импульсный (TPS54061)	0.9	11	Высокая
Линейный интегральный (LM317)	14.5	5	Низкая
Линейный дискретный (Стабилитрон/Транзистор)	14.5	8	Средняя

Таблица 1 позволяет сравнить три конструкции по количеству используемых компонентов и необходимой площади печатной платы.

Вследствие необходимости обеспечения надлежащего температурного рельефа на печатной плате, линейные регуляторы требуют большей площади. При максимальной нагрузке каждый линейный регулятор должен рассеивать мощность порядка 2 Вт. Согласно эмпирическому правилу, каждый ватт мощности, рассеиваемый на участке печатной платы размером 1–2 дюйма, повышает ее температуру на 100 °С. Линейные регуляторы конструируются таким образом, чтобы их перегрев не превышал 40 °С. Безусловно, при ограниченной площади печатной платы предпочтительным будет синхронный понижающий преобразователь, даже, несмотря на увеличенное количество внешних компонентов и сложность расчетов схемы частотной компенсации цепи обратной связи и величины индуктивности.

### Тепловые характеристики

Термограмма на Рисунке 4 показывает температурный профиль каждой из трех схем, размещенных на печатной плате.



**Рисунок 4.** Тепло, выделяемое каждой схемой (белый цвет соответствует наиболее высокой температуре).

Плата сконструирована таким образом, чтобы ни одна схема не влияла на тепловые характеристики соседней схемы. Из Таблицы 2 видно, что импульсный регулятор работает с наименьшим перегревом, равным 11 °С. Вследствие большой разницы между входными и выходными напряжениями, импульсный регулятор с синхронным выпрямлением по эффективности превосходит любую из линейных схем (Таблица 3). Обратите вни-

**Таблица 2.** Сводка тепловых характеристик

Тип регулятора	Температура перегрева (°C)	Максимальная температура (°C)	Корпус
Импульсный	11	40.7	VSON 3–3 мм
Линейный интегральный	27	56.2	DDPak
Линейный дискретный	40	69.1	SOT-23, SOT223

**Таблица 3.** Эффективность и потери мощности

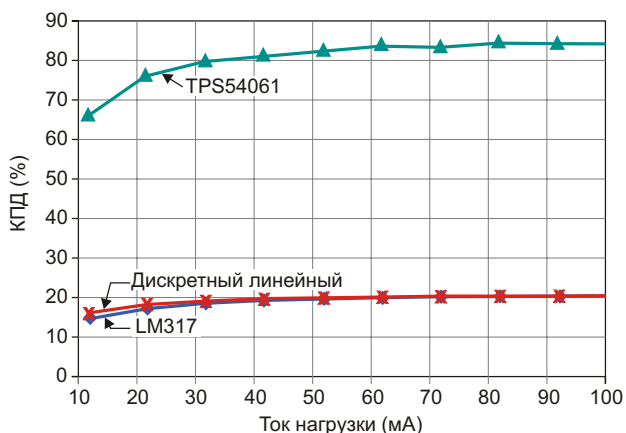
Тип регулятора	С максимальной нагрузкой (%)		Без нагрузки Собственный ток потребления (мА)
	КПД (%)	Потери мощности (Вт)	
Импульсный	84.5	0.093	0.5
Линейный интегральный	20.0	2.06	5.5
Линейный дискретный	20.1	2.02	4



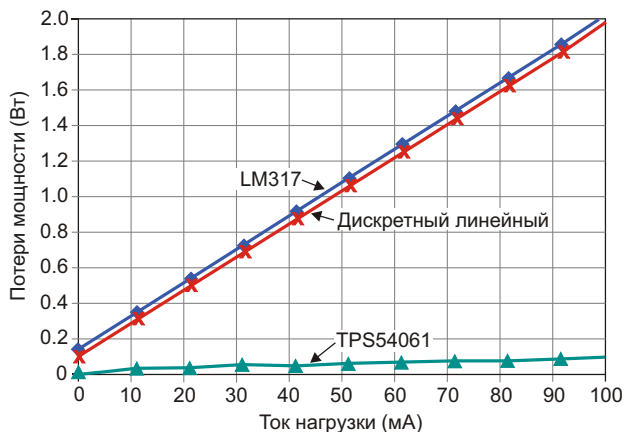
мание, перегрев схемы интегрального линейного регулятора отличается от перегрева дискретной линейной схемы. Это связано с тем, что корпус интегрального регулятора (DDPak) крупнее, и рассеиваемое им тепло распределяется по большей площади. Используемые в дискретной линейной схеме корпуса SOT-23 и SOT223 меньше, чем DDPak, что делает отвод тепла более сложным.

## Сравнение эффективности

Тепловые характеристики каждого регулятора непосредственно связаны с его КПД. Сравнить КПД трех схем позволяет Рисунок 5. Как и следовало ожидать, импульсный регулятор здесь вне конкуренции – и при легких нагрузках, и при максимальных. При облегченных нагрузках доминируют потери переключения и собственный ток потребления, чем и объясняется снижение КПД при малых выходных токах. При легких нагрузках лучше



**Рисунок 5.** Зависимость КПД от тока нагрузки.



**Рисунок 6.** Зависимость мощности потерь от тока нагрузки.

рассматривать графики потерь мощности (Рисунок 6), чем КПД, поскольку двукратное различие в КПД при токе 10 мА выглядит слишком большим. В то же время, величина тока, потребляемого нагрузкой, очень мала. При входном напряжении 24 В и выходном токе 10 мА потери мощности в импульсном регуляторе составляют 2.8 мВт, а в интегральном линейном – 345 мВт. При максимальной нагрузке измеренные потери мощности равны 0.093 Вт для импульсного регулятора и 2.06 Вт для линейного.

В Таблице 3 собраны результаты измерений КПД и потерь мощности для всех трех схем. Можно заметить, что собственный ток потребления дискретного линейного регулятора меньше, чем у его интегрального аналога. Интегральный линейный регулятор содержит больше расходующих энергию внутренних цепей, но при этом он выполняет больше функций, чем дискретный.

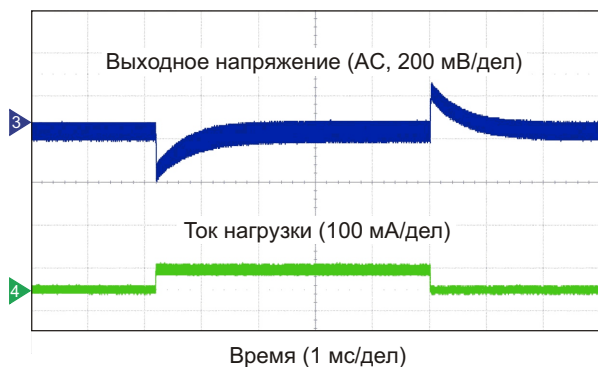
## Выходные характеристики

Аналоговые схемы могут быть чувствительными к пульсациям питания, а цифровые процессоры – к точности поддержания напряжения питания ядра. Поэтому важно сравнить наши схемы по таким параметрам, как пульсации на выходе, точность стабилизации напряжения и реакция на скачкообразное изменение нагрузки. Линейные регуляторы по своей природе отличаются малыми пульсациями, и часто используются для удаления шумов импульсных преобразователей. Пульсации напряжения обеих схем линейных регуляторов при максимальной нагрузке не превышают 10 мВ. В долях от выходного напряжения это лучше, чем 0.2%. С другой стороны, пульсации импульсного преобразователя достигают 75 мВ, или 1.5% от выходного напряжения. Уменьшить пульсации в схеме импульсного регулятора позволяет низкое эквивалентное последовательное сопротивление выходного керамического конденсатора.

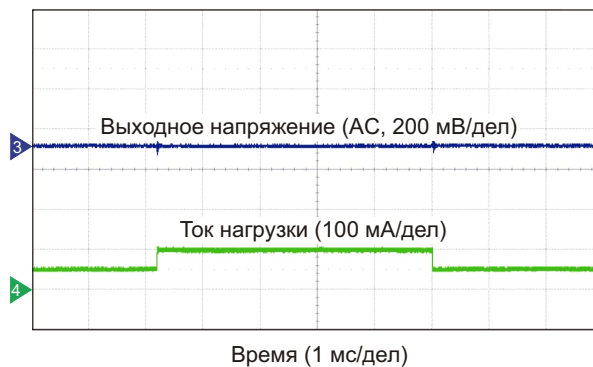
При сравнении точности стабилизации выходных напряжений во всем диапазоне нагрузок выигрывает импульсный регулятор. Из справочных данных на использованные компоненты видно, что источник опорного напряжения (ИОН) импульсного преобразователя характеризуется наилучшей точностью. Импульсные регуляторы являются отно-

**Таблица 4.** Сводка характеристик выходного напряжения

Тип регулятора	Максимальные пульсации выходного напряжения (мВ)	Выброс на выходе при скачке тока нагрузки от 50 до 100 мА (мВ)	Погрешность регулирования при скачке тока нагрузки от 0 до 100 мА (мВ)
Импульсный	75	250	1.5
Линейный интегральный	<10	40	0.7
Линейный дискретный	<10	40	21.8



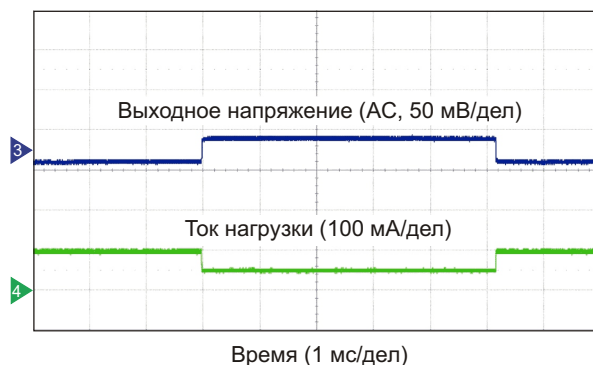
**Рисунок 7.** Переходный режим в импульсном регуляторе при изменении нагрузки.



**Рисунок 8.** Переходный режим в линейном регуляторе при изменении нагрузки.

сительно новыми интегральными схемами, и качество их ИОН постоянно улучшается. Дискретная линейная схема, в которой использован простейший метод стабилизации выходного напряжения, имеет наихудшие характеристики. Однако часто от источника 5 В и не требуется высокой точности, особенно, если это напряжение является входным для регуляторов следующего уровня.

Осциллограммы выходных напряжений и токов в переходных режимах можно увидеть на Рисунках 7-9. Хотя точность поддержания напряжения у импульсного регулятора высока, его переходные характеристики намного хуже, чем у линейных схем. Измеренный от пика до пика отклик импульсного регулятора на скачок тока нагрузки от 50 до 100 мА составляет 250 мВ, или 5% от выходного напряжения, против 40 мВ у линейных схем. Уменьшить выбросы напряжения на нагрузке импульсного регулятора можно с помощью дополнительного выходного конденсатора, однако это приведет к росту цены и размеров. Следует отметить, что дискретная линейная схема не рассчитана на стабилизацию выходного напряжения во время переходных процессов в нагрузке. Кроме того, простота схемы не позволяет реализовать функции ограничения тока или защитного отключения при перегреве.



**Рисунок 9.** Переходный режим в дискретном линейном регуляторе при изменении нагрузки.

В Таблице 4 собраны характеристики выходного напряжения для трех схем регуляторов.

## Сравнение стоимости

Большинство используемых в схемах внешних компонентов – это пассивные

**Таблица 5.** Стоимость материалов

Тип регулятора	Стоимость компонентов в партиях из 10,000 шт. (долл. США)
Импульсный	1.80
Линейный интегральный	0.32
Линейный дискретный	0.26

**Таблица 6.** Характеристики регуляторов 5 В/100 мА при входном напряжении 24 В

Тип регулятора	Стоимость компонентов в партиях из 10,000 шт. (долл. США)	Пулсация выходного напряжения (мВ)	КПД при полной нагрузке (%)	Площадь платы (см <sup>2</sup> )	Сложность
Импульсный	1.80	75	84.5	0.9	Высокая
Линейный интегральный	0.32	<10	20.0	14.5	Низкая
Линейный дискретный	0.26	<10	20.1	14.5	Средняя

резисторы и конденсаторы, стоящие намного меньше \$0.01. Самыми дорогими во всех трех схемах являются кремниевые приборы. Приведенные в Таблице 5 данные по стоимости комплектующих для всех вариантов схемы собраны в США по каналам дистрибуции на основе розничных цен, рекомендованных для партий из 10,000 компонентов. Как видим, оба линейных регулятора намного дешевле импульсного. К сожалению, для импульсного регулятора необходима внешняя индуктивность, которая может стоить порядка \$0.10, однако дополнительные расходы могут быть оправданы улучшением КПД и габаритных характеристик. Разница в ценах линейных схем составляет всего лишь \$0.06! При выборе между интегральным и дискретным линейным регулятором первый может оказаться предпочтительнее вследствие наличия встроенных цепей защиты.

## Заключение

В распоряжении разработчиков источников питания имеется большой выбор технических решений. Какое будет лучшим – зависит от требований, предъявляемых к конкрет-

ному приложению. Системы управления питанием, потребляющие меньше энергии и занимающие меньше места на плате, позволяют разработчикам сделать их продукты более индивидуальными и привлекательными для рынка. Синхронные понижающие преобразователи радикально отличаются от линейных регуляторов эффективностью и компактностью. Если на первое место выдвигается цена решения, возможно, будет целесообразным использование дискретного линейного регулятора, однако платой за это станут более плохие характеристики, отсутствие защитных функций и, вполне вероятно, дополнительные затраты на теплоотвод.

Полный набор характеристик всех трех регуляторов, необходимых разработчику для выбора варианта, наилучшим образом отвечающего требованиям создаваемого им приложения, приведен в Таблице 6. **РЛ**

## Ссылки

1. “3-terminal adjustable regulator,” LM317 Datasheet. Available: [www.ti.com/slvs044-aaj](http://www.ti.com/slvs044-aaj)
2. “Wide input 60V, 200mA synchronous step-down DC-DC converter with low IQ,” TPS54061 Datasheet. Available: [www.ti.com/slvsbb7-aaj](http://www.ti.com/slvsbb7-aaj)

# Стереотелефоны и усилитель: выбираем и проектируем правильно



## Часть 1

Владимир Рентюк, Запорожье, Украина

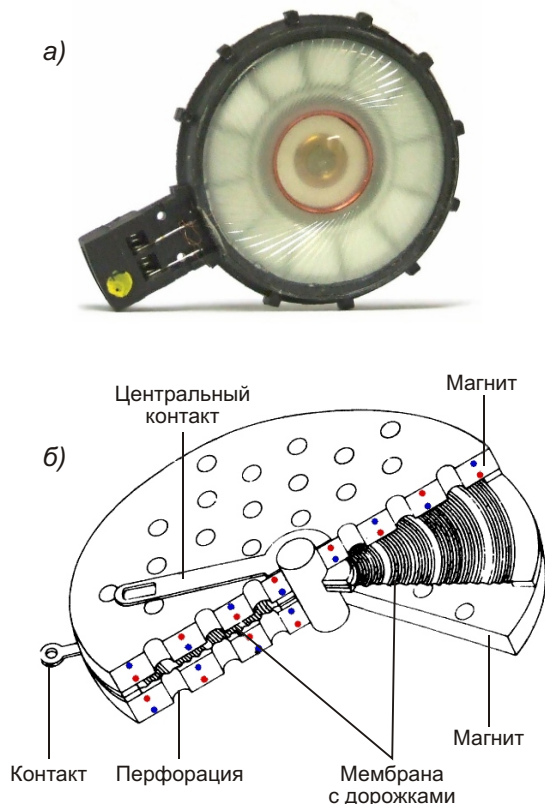
*В статье кратко рассматриваются типы стереотелефонов, их основные характеристики, методика выбора схем усилителей для стереотелефонов, их важнейшие параметры и практические схемные решения.*

Как бы ни были хороши акустические колонки, но головные телефоны для прослушивания музыки всегда будут актуальным аксессуаром. Причина этого не только в их дешевизне и доступности, но и в том, что они позволяют услышать нюансы музыкального произведения в условиях неблагоприятной акустической обстановки. Что имеется в виду? Во-первых, это часто имеющая место относительная зашумленность окружающего пространства, во-вторых, сложность создания оптимального акустического пространства; если сказать по-простому, – вы не сможете создать в маленькой комнате атмосферу концертного зала. Есть еще и «в-третьих» – используя головные телефоны, вы можете спокойно наслаждаться фугами Баха или виртуозным исполнением гитарных партий Ингви Мальстима во всем их динамическом диапазоне без «комментариев» со стороны жены, тещи, соседей или коллег по работе. Естественно, головные телефоны не заменят полноценной акустической системы, но могут создать достаточно комфортные условия для прослушивания музыки.

Итак, что нам нужно. Во-первых, сами головные телефоны, во-вторых, устройство, которое поможет подключить их к источнику звука, в обиходе такое устройство называют усилителем для головных стереотелефонов.

Это не совсем верно, более правильно называть это устройство адаптером, но сохраним уже принятую терминологию. Чтобы сделать правильный и осознанный выбор кратко разберемся с основным – что такое стереотелефоны и что такое музыка. Начнем с первого. Стереотелефоны бывают разных видов, как по внешнему исполнению, так и по конструкции излучателя. Как бы ни старались маркетинговые службы, но миниатюрные, вставляемые в слуховой проход наушники (вкладные или вставные, называемые еще вакуумными), ввиду точности излучателя никогда не будут идеальным вариантом при прослушивании музыкальных произведений для человека с маломальски развитым музыкальным слухом. Они подходят неприятным пользователям для прослушивания музыки в общественном транспорте (из соображений безопасности на улице с интенсивным движением этого лучше не делать). Для прослушивания музыки нужны комфортные накладные наушники, излучатель которых вынесен из ушного прохода. И не просто накладные, а полностью охватывающие всю ушную раковину. Таких наушников по типу конструкции имеется две разновидности – закрытые и открытые. Отличаются они тем, что первые, скажем так, не имеют акустической связи с внешним миром, а вторые – имеют. Оба этих

конструктивных типа имеют и достоинства и недостатки – выбирать пользователю. Первые хорошо изолируют слушателя от внешних шумов, но излучатель демпфируется воздухом, находящимся в замкнутом объеме. Наушники открытого типа свободны от демпфирования, но имеют акустическую связь с внешней средой. По опыту автора статьи первые все-таки лучше. По принципу действия излучателя наиболее распространенными в настоящее время являются динамические наушники. Их излучатель сродни миниатюрному динамическому громкоговорителю. Благодаря скачку в технологии изготовления тонких прочных пленок, сильных магнитов и дешевизне они вытеснили с рынка изодинамические наушники, которые, по мнению автора, были более близки к идеальным. Меломаны со стажем могут вспомнить советские весьма приличные изодинамические наушники «Амфитон» (лучшие из которых – ТДС-15), «Электроника» (Н-28С) и «Эхо» (лучшие – Н16-40С). Доступны по цене и появившиеся на нашем рынке еще в начале 90-х изодинамические наушники компании Kenwood. Типовые конструкции динамических и изодинамических излучателей, используемых в наушниках, показаны на Рисунке 1.



**Рисунок 1.** Типовые конструкции динамических (а) и изодинамических (б) излучателей.

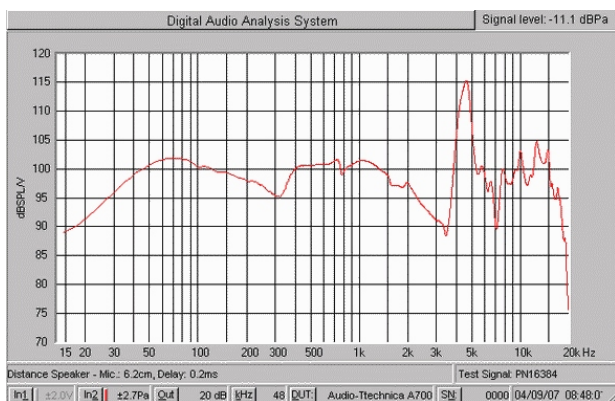
Общее у них – это мембрана, возбуждаемая катушкой, перемещающейся в магнитном поле. Различие – в конструкциях катушки и системы формирования магнитного поля. Первые по конструкции ближе к электродинамическому микрофону (не громкоговорителю, как ошибочно утверждают в некоторой радиоловительской литературе; раньше их как раз и мастерили из капсулей микрофонов типа МД-200). У вторых мембрана с плоской катушкой (она выполнена непосредственно на материале мембраны) помещена в поле между двумя дисковыми пластинами, магнитное поле которых сформировано множеством элементарных магнитов. Иногда это U-образные элементарные магниты с полюсами, направленными в одну сторону. Ошибочно такие пластины можно принять за «однополюсные» магниты, так как они притягивают ферромагнетики только с одной стороны. Звуковые колебания от мембраны проходят через перфорацию в пластинах. Благодаря большой площади мембраны их звучание на слух мягче и чище.

Имеется еще несколько разновидностей стереотелефонов, например, электростатические и электретные, но они требуют совершенно иных подходов к подаче сигнала возбуждения. Есть даже квадрофонические телефоны. Более подробно о типах и особенностях различных типов стереотелефонов можно прочитать, например, на сайте [1].

Что, кроме типа, нужно для правильного выбора усилителя для стереотелефонов? Это их основные электрические характеристики, а именно: диапазон рабочих частот, чувствительность и импеданс. Хотелось бы иметь еще и уточняющие характеристики, например, коэффициент нелинейных искажений, неравномерность звукового давления в полосе воспроизводимых частот и, вместо сопротивления (его активной части), иметь импеданс на определенной частоте, а лучше значение индуктивности. К сожалению, для большинства моделей такие данные недоступны. Мало того, имеется еще и путаница, как в параметрах, так и в их представлении. Так в русскоязычных спецификациях часто указано, что это именно сопротивление, а англоязычных спецификациях на то же изделие указывается, что это – импеданс, то есть полное сопротивление, но без указания, на какой частоте он измерен. Чувствительность может быть представлена в разных единицах: дБ/1 кГц (dB/1 kHz), дБ/мВт (dB/mW) или

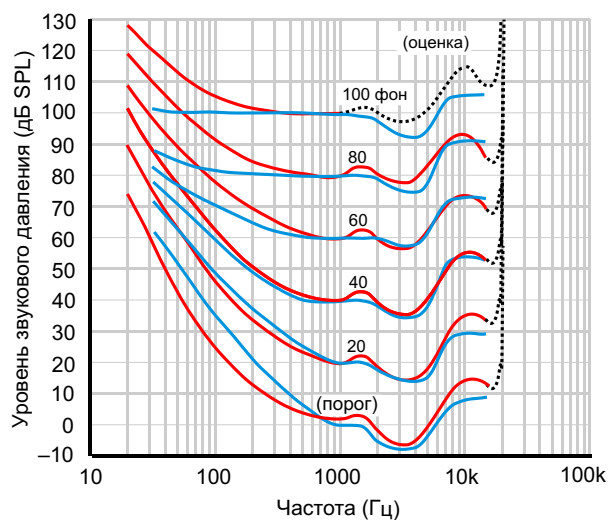
дБ/В (dB/V). Встречается также и dB SPL (*SPL* - *sound pressure level* – уровень звукового давления).

Почему все это так важно для проектировщика? Чувствительность определяет необходимую величину подводимой мощности для получения заданного звукового давления, попросту – получения необходимого уровня громкости. Сопротивление, а вернее импеданс, необходимо для оптимального согласования выходного сопротивления усилителя с сопротивлением стереотелефонов и уровня подаваемого на них напряжения. Амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) необходимо знать не только для правильной оценки качества стереотелефонов, но и для решения вопроса о том, вводить ли частотную коррекцию в усилитель, и какую именно, или нет. То, что в спецификации указывается диапазон частот 20 Гц – 20 кГц, или даже 5 Гц – 28 кГц, не должно вводить вас в заблуждение. Это очередное маркетинговое лукавство. Примеры раскрытия этих «АЧХ» можно посмотреть, например, в материале, приведенном на сайте [2]. Одна из характеристик показана на Рисунке 2.



**Рисунок 2.** Амплитудно-частотная характеристика профессиональных наушников Audio-Technica ATH-A700 [2].

Наушники Audio-Technica ATH-A700 позиционируются как профессиональные для мониторов; полоса частот по спецификации 5 Гц – 35 кГц. Вы видите этот диапазон на экспериментально снятой АЧХ (Рисунок 2)? Я – нет. И обратите внимание на неравномерность. Но не все так страшно. Наше счастье в том, что мы будем слушать не испытательный чистый синусоидальный сигнал, а музыку. Наше ухо и мозг – это своеобразный сложный механизм из чувствительного широкополосного микрофона и суперкомпьютера, кото-



**Рисунок 3.** Кривые равной слышимости для стереотелефонов (голубые) и для акустических систем (красные).

рый, благодаря использованию «встроенных» мощных корреляционных функций, может не только частично компенсировать отклонения в динамическом спектре музыкального сигнала, но и восстановить утраченные составляющие. Однако об особенностях музыкального сигнала позже.

Понятно, что без корректировки частотной характеристики не обойтись, но автор статьи не сторонник введения частотной коррекции непосредственно в усилитель для стереотелефонов, это может привести к нежелательным последствиям. Лучше делать корректировку АЧХ эквалайзером или, по крайней мере, хорошим темброблоком. Такой подход более гибок, так как позволяет компенсировать всю совокупность частотных искажений в тракте, включая компенсацию частотных искажений фонограммы и компенсацию дефектов слуха конкретного слушателя. Последнее не маловажно, так как после 35 лет слух у большинства людей падает. Причина в снижении подвижности слуховых косточек. Еще один аргумент – это то, что наше ухо имеет нелинейную АЧХ, причем эта характеристика зависит еще и от уровня громкости. В случае с наушниками более приемлемы кривые равной слышимости Фетчера-Мансона, а для акустических систем – кривые Робинсона-Датсона, которые легли в основу стандарта ISO 226 (Рисунок 3). Как видим даже здесь есть различия.

Теперь немного о музыке. Что такое музыка? Кроме таланта и души композитора и исполнителя, это совокупность гармонических сигналов (наполнение) с определенной

модуляцией по частоте (фазе) с изменением по амплитуде и времени (огибающая). Можно вспомнить слова Сальери из известной трагедии А.С. Пушкина: «Поверил я алгеброй гармонию». Действительно, в общем случае музыка – это сплошная математика. Более подробно о формировании (синтезе) музыкальных тембров можно прочесть в серии статей опубликованных в [3]. Остановимся на главном: музыкальный сигнал – не синусоида. Близкими к синусоидальному сигналу являются только свист и звук таких инструментов, как флейта пикколо, флейта Пана и одиночные трубы классического органа. Модуляция, как сказано, в музыкальном сигнале может быть амплитудная, фазовая и частотная. Огибающая музыкального сигнала – это функция, описывающая изменение звучания ноты или аккорда во времени от момента возбуждения до ее полного затухания. При этом тембр звучания может изменяться и дополняться не только гармониками, но и, например, шумом. Кстати, характер огибающей является более характерной чертой для идентификации инструмента, чем ее тембровое заполнение.

О чем все это говорит? О том, что при проектировании кроме учета реакции усилителя на чистый гармонический сигнал (синусоиду) на некотором уровне, необходимо учитывать реакцию усилителя на сумму гармонических сигналов. То есть, учитывать и возможные интермодуляционные искажения (для телефонов этот параметр изготовители вообще опускают, хотя для акустических систем он нормируется ГОСТом). Кроме того, нужно учитывать реакцию усилителя на сигналы с крутыми фронтами, и обеспечить минимальный уровень нелинейных искажений как можно в более широком динамическом и частотном диапазоне. Действительно, усилитель при воздействии сигнала с высокой скоростью изменения должен давать чистую от гармоник ответную реакцию. И что толку иметь минимальные нелинейные искажения на больших уровнях сигнала (форте и форте-фортиссимо) и иметь при этом высокий уровень искажений при малых сигналах (пиано и пиано-пианиссимо). Поясню. В реальных музыкальных сигналах большой мощности уровень высоких гармоник, как правило, велик сам по себе, и «лишние» гармоники, внесенные усилителем, маскируются. А вот у тихих музыкальных сигналов спектральный состав беден, такие сигналы приближаются к

чисто гармоническому виду, и здесь маскирования уже не происходит, наоборот, «лишние» гармоники становятся раздражающими. Можно возразить, что спектральная чувствительность уха при малых уровнях звукового давления сужается. Да, это правда, но не настолько, чтобы не заметить эти призвуки. Конечно, усилитель на максимальных сигналах не должен «затыкаться» и ограничивать сигнал. В качественном усилителе должен быть достаточно малым уровень нелинейных искажений и отсутствовать их заметная зависимость от уровня сигнала во всем динамическом диапазоне. Ну и не следует забывать про минимизацию интермодуляционных искажений, то есть, про необходимость иметь высокую линейность тракта, и тем самым максимально исключить возможность возникновения дополнительных комбинационных составляющих. Для этого передаточная характеристика усилителя должен быть как можно более линейной. В [3] показано, как из отдельных гармонических составляющих высоких порядков возникает реально отсутствующая в исходном спектре гармоника первого порядка. Таким образом, наша основная задача – максимально сохранить спектральную характеристику музыкального сигнала. Еще один нюанс, связанный с особенностями музыкального сигнала, будет рассмотрен ниже.

Зная основные тонкости, можно приступить к выбору оптимального схемного решения. Первое, что нужно определить – это какой уровень напряжения нужно подать для получения номинального звукового давления, а, следовательно, и громкости для выбранного типа наушника. Воспользуемся для этого разъяснениями, приведенными на сайте [4]. В спецификации на наушник мы наиболее часто можем увидеть параметр чувствительность в единицах dB/mW, dB/1 kHz или dB/Vrms. Если в спецификации указана чувствительность в dB/Vrms, то она приведена к напряжению 1 В (среднеквадратичного значения). А вот для наушников с чувствительность в dB/1 kHz – приходится просто гадать, что это – по напряжению, или по мощности на частоте 1 кГц. Но обычно это относится к чувствительности по напряжению.

Итак, если мы имеем в спецификации чувствительность в dB/1 kHz равную  $106 \pm 2$ , то можно утверждать, что подав на наушник напряжение со среднеквадратичным значе-

нием в 1 В, мы получим звуковое давление в диапазоне средних звуковых частот на уровне 106 дБ. Если мы будем подавать иной уровень, то пользуемся формулой из [4]:

$$\text{SPL} = \text{SPL}(\text{dB/V}) + 20\lg(U) \quad (1),$$

где:

SPL(dB/V) – чувствительность наушников, отнесенная к напряжению;

U – напряжение на выходе усилителя в вольтах.

Если мы хотим получить иной уровень звукового давления, приводим формулу (1) к виду

$$U = 10^{\frac{\text{SPL} - \text{SPL}(\text{dB/V})}{20}} \quad (2).$$

Подставив нужное звуковое давление, например, максимально допустимое для нашего уха 120 дБ, В, мы получим напряжение на выходе усилителя, равное 5 В. Если у нас наушник с чувствительностью 136 дБ/В, то по формуле (2) максимальное напряжение на выходе усилителя должно быть 160 мВ. Естественно, нужно учитывать выходное сопротивление усилителя, так как это напряжение должно развиваться на соответствующем сопротивлении нагрузки.

Если же чувствительность задана в единицах мощности, то расчет ведется по формуле (3):

$$\text{SPL} = \text{SPL}(\text{dB/mW}) + 10\lg(W) \quad (3),$$

где:

SPL(dB/mW) – чувствительность наушников, выраженная к мощности;

W – мощность в мВт, реально подаваемая на наушники.

Мощность, как известно, рассчитывается по формуле

$$W = \frac{U^2}{R},$$

где R – сопротивление наушников. Если необходимо перевести чувствительность, заданную в единицах мощности, в чувствительность в единицах по напряжению, то в [4] име-

ется подходящая формула, необходимо только учитывать размерность единиц, на что прямо не указано.

Изложенное выше является иллюстрацией того, что нельзя бездумно копировать схемы усилителей без учета их выходного сопротивления, динамического диапазона, и без привязки к конкретной модели стереотелефонов. Если так поступить, то вы либо не получите приемлемую громкость, либо получите такой уровень искажений, что о музыке можно будет просто забыть. Как видно из вышеприведенного примера, уровни выходного напряжения усилителей для стереотелефонов с чувствительностью 106 дБ/В и 136 дБ/В для достижения звукового давления в 120 дБ различаются в 31 раз (5 : 0.160)! Здесь кроется еще один нюанс. Несомненно, хорошо, если выполнены требования обеспечения звукового давления по среднеквадратичному значению напряжения, но мы-то говорим о музыке. Музыкальный сигнал, кроме спектральных и временных характеристик, имеет такую характеристику, как пик-фактор (*crest factor* в англоязычной технической литературе), то есть, отношение максимального (пикового) значения уровня сигнала к его среднеквадратичному значению. Типовой пик-фактор для обработанной фонограммы из-за влияния компрессии (об этом см. [12]) равен приблизительно 4-8 (соответствует 12-18 дБ), и 8-10 для необработанной фонограммы (соответствует 18-20 дБ). А вот для симфонической музыки в исполнении полного оркестра из 75 инструментов пик-фактор может достигать и 25 дБ. Как видим, при проектировании или выборе усилителя для качественного воспроизведения музыки мы должны предусмотреть запас по динамике не менее чем в 20 дБ (10 раз) от среднеквадратичного уровня. **РЛ**

## Литература:

1. <http://www.genon.ru/GetAnswer.aspx?qid=3ed9ff29-0d06-4979-aafb-0c0e5508f95c>
2. Выбираем high-end наушники: тест 13 моделей, [http://www.thg.ru/video/high-end\\_headphone\\_2008/onepage.html](http://www.thg.ru/video/high-end_headphone_2008/onepage.html)
3. Рентюк В. Синтез музыкальных тембров, Радиоаматор, №10, 11 2011, №1, 3-5 2012
4. Чувствительность наушников, [http://personalaudio.ru/detail/chuvstvitelnost\\_naushnikov/](http://personalaudio.ru/detail/chuvstvitelnost_naushnikov/)
5. [http://personalaudio.ru/detail/impedans\\_naushnikov/](http://personalaudio.ru/detail/impedans_naushnikov/)



6. <http://doctorhead.ru/advice/75478/>
7. <http://www.redcircuits.com/Page31.htm>
8. Усилитель для стереотелефонов, Радио №10, 1979
9. DIY Class-A Headphone Amplifier <http://diyaudioprojects.com/Solid/IRF610-Class-A-Headphone-Amp/>
10. [http://www.circuit-zone.com/?cat=Headphone\\_Amplifiers](http://www.circuit-zone.com/?cat=Headphone_Amplifiers)
11. Рентюк В. Использование светодиодов в устройствах индикации. Электрик №7-8 2011
12. Рентюк В. Практика использования ИМС усилителей с АРУ серии SSM21xx. РадиоЛоцман, 2014, май, стр. 36, июнь, стр. 42

***Окончание в следующем номере***

# Найдете ли вы недостающую единицу?

Bonnie Baker

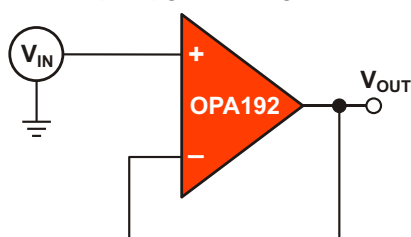
EDN Europe

Вот уж удивительно. Полоса пропускания усилителя с коэффициентом передачи +1 В/В не равна полосе пропускания такого же усилителя с коэффициентом передачи -1 В/В. После более чем пяти лет ежедневной работы с усилителями на одного из лидеров аналоговой отрасли это стало для меня полным сюрпризом.

Глядя на Рисунок 1, обратите внимание на то, что с замкнутой петлей обратной связи (ОС) полоса пропускания неинвертирующей

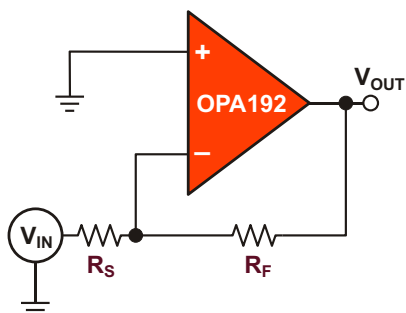
схемы с усилением +1 В/В равна 17 МГц, а полоса пропускания инвертирующей схемы с усилением -1 В/В равна 8.5 МГц. Шумовое усиление (GN) определяется как усиление схемы неинвертирующего усилителя для приведенного к входу шума. При таком определении для неинвертирующей схемы GN = +1 В/В, а для инвертирующей GN = +2 В/В. Частотная зависимость коэффициента усиления схемы из Рисунок 1 при разомкнутой ОС показана на Рисунке 2 синим цветом.

## Неинвертирующий усилитель



$V_{OUT}/V_{IN} = +1$  В/В  
Полоса пропускания  
при замкнутой петле ОС = 17 МГц

## Инвертирующий усилитель



$V_{OUT}/V_{IN} = -1$  В/В при ( $R_S = R_F = 2$  кОм)  
Полоса пропускания  
при замкнутой петле ОС = 8.5 МГц

Рисунок 1. Простейшие усилители в неинвертирующей и инвертирующей конфигурациях.

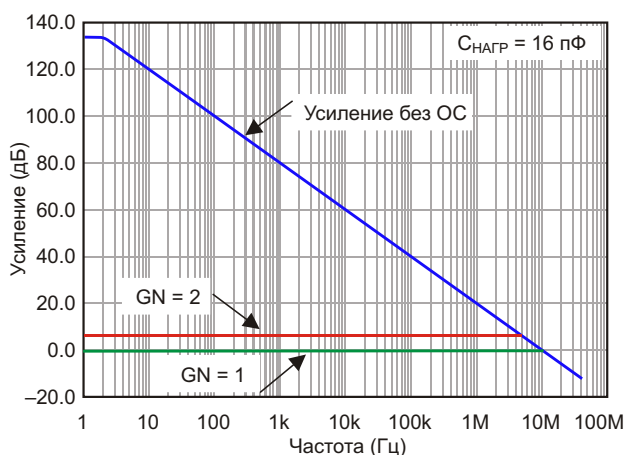
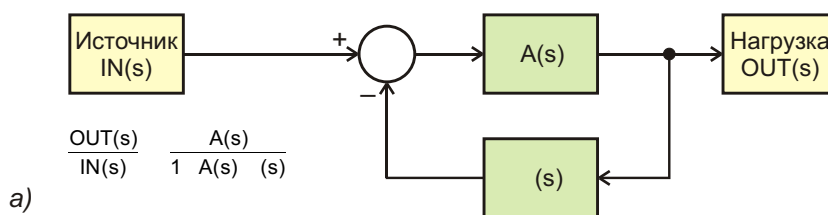


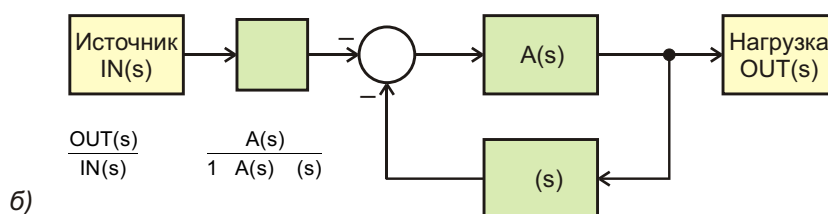
Рисунок 2. Частотная характеристика усилителя OPA192 с разомкнутой петлей обратной связи (синяя кривая), его шумовое усиление при замкнутой петле обратной связи с коэффициентом усиления, равном 2 (красная линия), и с коэффициентом усиления, равном 1 (зеленая линия).

На Рисунке 2 показан график частотной зависимости коэффициента усиления OPA192 [2] с разомкнутой петлей обратной связи в диапазоне от 1 до 100 МГц. Заметьте, что линия 0 дБ (GN = 1 В/В) пересекается с ним в точке 10 МГц, а линия 6 дБ (GN = 2 В/В) – в точке 5 МГц.

### Неинвертирующий усилитель



### Инвертирующий усилитель



**Рисунок 3.** Схема из Рисунка 1, представленная в графике теории автоматического регулирования.

Это хорошее начало для того, чтобы понять изображенные схемы. Но сначала давайте вернемся назад и вспомним кое-что из теории автоматического управления. На Рисунке 1 изображены схемы с двумя вариантами цепей обратной связи. Эти же схемы на Рисунке 3 представлены в графике теории автоматического регулирования.

На Рисунке 3:

- коэффициент усиления инвертирующего усилителя с замкнутой петлей ОС,
- $A(s)$  – коэффициент усиления усилителя с разомкнутой ОС,
- $(s)$  – коэффициент обратной связи.

Пользуясь непрофессиональным языком, – это доля выходного сигнала, поступающего обратно на вход. Коэффициент обратной связи для обеих схем на Рисунке 1 одинаков, и равен

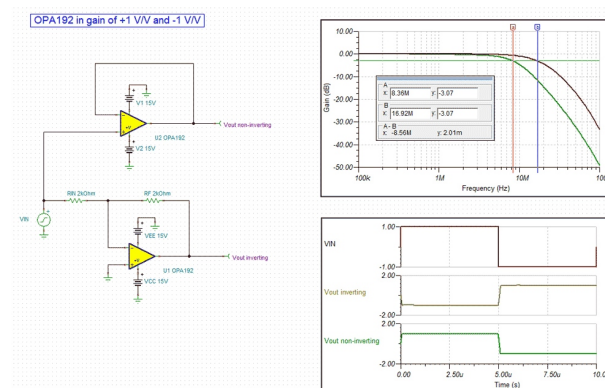
$$\frac{R_s}{R_s + R_F}$$

Другой любопытный факт заключается в том, что величина  $1/$  равна шумовому усилению GN схемы.

Для неинвертирующего усилителя (Рисунок 3а) при очень большой величине  $A(s)$  усиление схемы с обратной связью равно  $1/$ .

Для этой же схемы при очень малом или близком к  $1/$  значению  $A(s)$  частота пересечения кривых  $1/$  и  $A(s)$  равна произведению коэффициента усиления на полосу пропускания, деленному на  $1/$ .

Схема инвертирующего усилителя преподносит нам сюрприз. Если  $A(s)$  очень велик (Рисунок 3б), коэффициент усиления будет



**Рисунок 4.** В этой схеме, нарисованной в TINA-TI, два пути прохождения сигнала – с инверсией и без – вдвое отличаются полосой пропускания.

равен  $-R2/R1$ . Если же  $A(s)$  очень мал или близок к  $1/$ , значения  $A(s)$  и  $1/$  сравниваются при частоте, равной произведению коэффициента усиления на полосу пропускания, деленному на  $1/$ . Но для этого случая величина  $1/$  равна 2.

Не верьте мне на слово – попробуйте сами! Загрузите файл [4] в TINA-TI. Если программа TINA-TI на вашем компьютере уже установлена, просто щелкните дважды мышкой на названии файла. Или, еще лучше, соберите собственный макет схемы, показанной на Рисунке 4, чтобы самому себе доказать или опровергнуть это явление. **РЛ**

## Ссылки

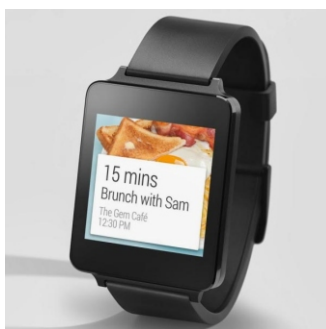
1. [http://www.ecircuitcenter.com/Circuits/op\\_bandwidth1/op\\_bandwidth1.htm](http://www.ecircuitcenter.com/Circuits/op_bandwidth1/op_bandwidth1.htm)
2. The OPA192 datasheet: <http://www.ti.com/lit/gpn/opa192>
3. A free version of TINA-TI: <http://www.ti.com/lit/zip/sbom862>
4. <http://www.ti.com/sva-web-amplifier-tinati-contrib-008-webench-en>

## Внутри первых носимых устройств Android: разбираем LG G Watch и Samsung Gear Live

Anand Lal Shimpi

AnandTech

Недавно во время одной из презентаций Google предоставила посетителям возможность выбрать одно из двух носимых устройств Android, чтобы забрать его к себе домой для изучения и освоения платформы Android. Хотя лично я выбрал LG G Watch (дисплей выглядел привлекательнее), моему другу Джеймсу Брюсу удалось завладеть обоими гаджетами, и следующий день он провел за их разборкой. Теперь вы можете ознакомиться с результатами его наблюдений.



LG G Watch

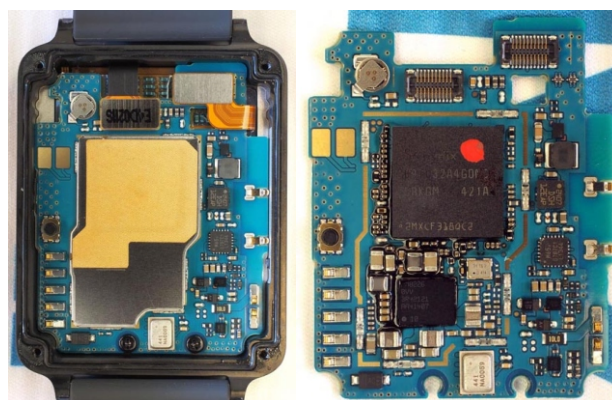


Samsung Gear Live

Разобрать G Watch оказалось довольно просто. Вывернув четыре винта со звездообразным шлицем, вы получаете доступ к внутренностям устройства. В нижнюю крышку встроен аккумулятор емкостью 400 мА ч. При напряжении 3.8 В его общая емкость составляет 1.52 Вт ч.



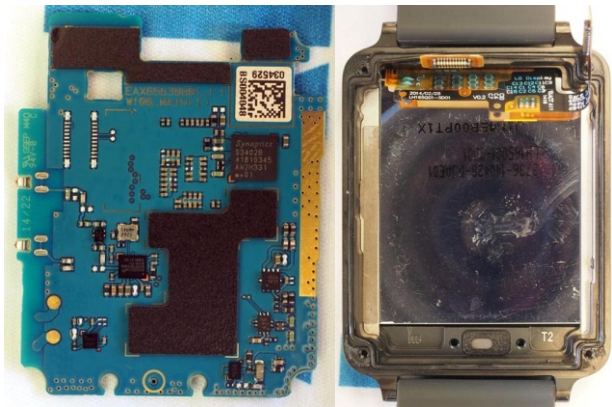
LG G Watch



LG G Watch

На фото сверху слева вы можете видеть уложенную по периметру G Watch тонкую уплотнительную прокладку, благодаря которой степень защиты корпуса повышена до

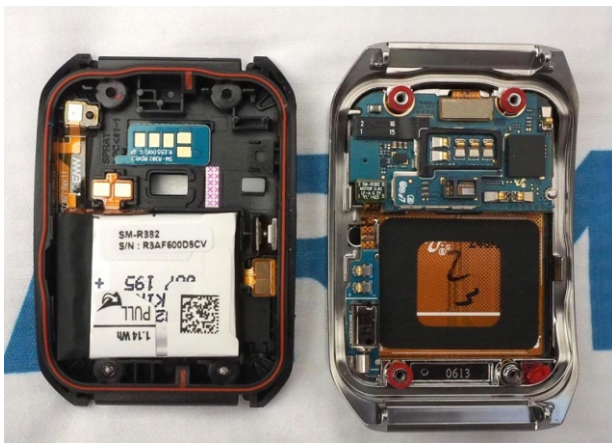
уровня IP67 (полная защита от пыли, устойчивость к погружению в воду на глубину до 1 м на время не более 30 минут).



**LG Watch**

С обратной стороны печатной платы мы видим сенсорный контроллер производства Synaptics (та же модель используется и в Moto X).

Части Gear Live соединяются друг с другом также при помощи четырех винтов, хотя разборка часов требует несколько больших усилий. Батарея и монитор сердечной деятельности закреплены на задней крышке. В своих часах Samsung тоже использует батарею 3.8 В.

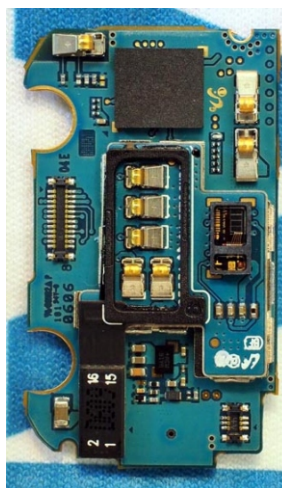


**Samsung Gear Live**

Плата логики в Gear Live оказалась чуть сложнее. Она выполнена в виде двухуровневой этажерочной конструкции, в которой вторая плата одновременно выполняет функцию высокочастотного экрана.

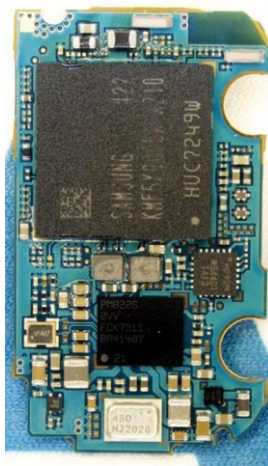
Мы видим такую же систему-на-кристалле APQ8026 компании Qualcomm, расположен-

ную нижним ярусом под динамической памятью Samsung.

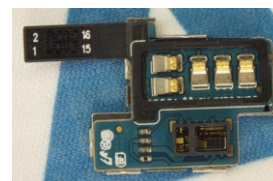
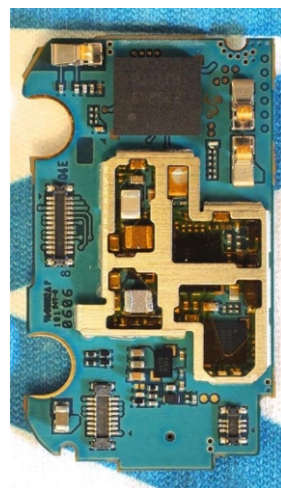


**Samsung Gear Live**

В целом, у Samsung, безусловно, более компактная и сложная внутренняя плата, что вполне объяснимо, если учитывать относительно небольшой опыт компании в этой области.



**Samsung Gear Live**



За годы выпуска смартфонов их внутренняя компоновка претерпела множество инновационных изменений. Теперь мы изучаем первые носимые устройства на базе Android, и было бы интересно увидеть, какие метаморфозы произойдут с их внутренней структурой в ближайшем будущем. Одно можно сказать наверняка: аккумуляторы будут вынуждены становиться тоньше, или искать себе другое место в корпусе. А может быть, они разделятся на части, и распределятся по ремешку для часов? **РЛ**

# Ada 2012 для платформы Cortex-M4

William Wong

Electronic Design

Я использовал C и C++ со времени их появления, и мне хочется думать, что я пишу хорошие коды. Хотя, должен признаться, в созданных приложениях я допустил множество ошибок, устранение которых иногда требовало длительных и утомительных отладочных сессий. Почти каждый новый микроконтроллер поддерживается бесплатным инструментарием, включающим в себя компилятор C/C++.

К сожалению, C чрезвычайно недружелюбен, и C++ лишь немногим лучше. Тем не менее, до настоящего времени они остаются основным инструментом программистов встроенных систем. Это одна из причин, по которой я с нетерпением ждал появления анонсированного компанией AdaCore пакета Ada 2012 для платформы Cortex-M. Теперь его можно бесплатно скачать, воспользовавшись ссылкой [1].

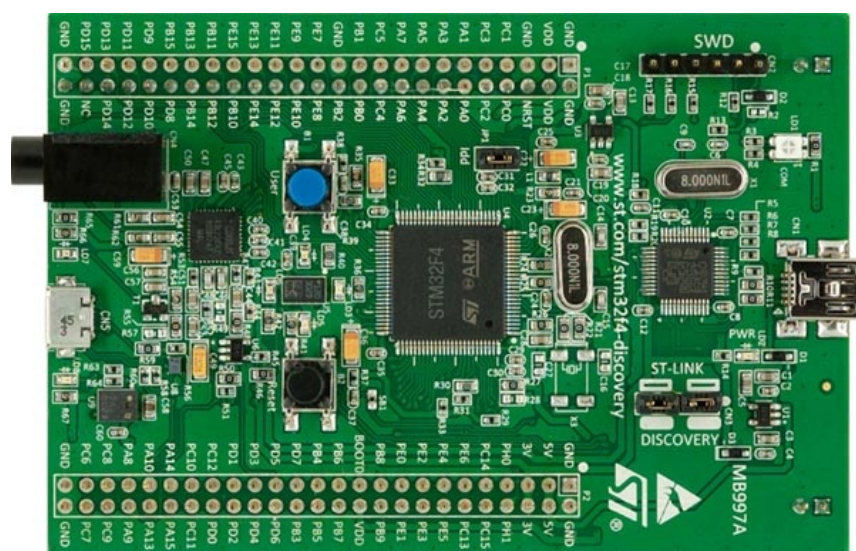
Cortex-M является основным из простейших 32-разрядных микроконтроллеров,

используемым почти всеми производителями микроконтроллеров, принявшими архитектуру ARM. Некоторые компании, такие как Green Hills Software, Atego и AdaCore и раньше поддерживали платформу Cortex, но опирались при этом на ранние стандарты Ada. В Ada 2012 добавлен целый ряд новых возможностей, включая контрактное программирование [2].

## Засучив рукава

Мне уже доводилось поработать в среде GNAT Programming Studio (GPS), выпущенной компанией AdaCore. Я создавал приложения для Linux на разработанной Texas Instruments инструментальной платформе BeagleBone с процессором Cortex-A8. Новый инструментарий предназначен для «голого железа», что необходимо для многих приложений.

Начало работы было простым, поскольку GPS была уже установлена. На установку



**Рисунок 1.** Последняя версия набора инструментов Ada 2012 компании AdaCore работает на платформе платы STMicroelectronics STM32F4 Discovery с процессорным ядром Cortex-M4.

### Листинг 1.

```
with LEDs;           use LEDs;
with Button;         use Button;
with Ada.Real_Time; use Ada.Real_Time;
package body Driver is
  type Index is mod 4;
  Pattern : constant array (Index) of User_LED := (Orange, Red, Blue, Green);
  task body Controller is
    Period      : constant Time_Span := Milliseconds (75); -- arbitrary
    Next_Start  : Time := Clock;
    Next_LED    : Index := 0;
  begin
    loop
      Off (Pattern (Next_LED));
      Next_LED := Next_LED +
        (if Button.Current_Direction = Counterclockwise then -1 else 1);
      On (Pattern (Next_LED));
      Next_Start := Next_Start + Period;
      delay until Next_Start;
    end loop;
  end Controller;
end Driver;
```

отладочного интерфейса ST-Link на плату STM32 (Рисунок 1) времени потребовалось больше. Затем предлагалось запустить демонстрационное приложение, попеременно включающее ряд светодиодов. Отрывок кода, управляющего миганием светодиодов (Листинг 1), я включил в статью, чтобы подчеркнуть некоторые преимущества использования Ada 2012.

Даже если вам не приходилось пользоваться Ada, вы должны получить представление о заложенных в него идеях. Например, спецификация тела задачи выдвигает на первый план встроенную поддержку многозадачности. Отметим также использование в индексах данных беззнакового типа, ограничивающих адресацию матричных структур. В отличие от C, здесь нет необходимости проверять `Next_LED` после его инкрементирования. Кроме того, я предпочитаю более многословные условные выражения в конструкциях `if/then/else` языка Ada, используемой в C/C++ комбинации `? :`. Я программировал на APL, и его однострочные конструкции были лаконичными, но, как правило, непонятными. О C и C++ можно сказать то же самое.

Перед C и C++ Ada имеет множество преимуществ. Не лишена Ada и недостатков, среди которых можно выделить ее недоступность для некоторых типов микроконтролле-

ров. Однако для ARM Cortex такой проблемы больше не существует. Разработчики смогут воспользоваться всем многообразием функций Ada 2012, от дженериков до многозадачности.

Я призываю всех желающих написать пуленепробиваемый код для встраиваемых приложений, чтобы на практике убедиться в возможностях комбинации AdaCore и STM32. Это совсем недорого и очень функционально. Поддержка ST-Link также позволяет ему работать с такими платформами как STM32F401 Nucleo. В этом я тоже убедился на своей Nucleo.

Heartbleed [3] является лишь одним из многих указаний на то, какой ущерб может нанести единственная ошибка проверки принадлежности к диапазону. C не производит таких проверок в принципе, а вот Ada делает это не только при доступе к массиву, но и по умолчанию. Ada не устранил ошибки из вашего кода, но сделать их будет намного сложнее. **ПЛ**

### Ссылки

1. libre.adacore.com
2. <http://electronicdesign.com/dev-tools/ada-2012-joy-contracts>
3. <http://electronicdesign.com/blog/what-heartbleed-should-teach-embedded-programmers>



# Renesas Electronics

## – история слияний и поглощений. Глава 2 – Hitachi

### Часть 2

Окончание. Начало в номере 06-2014

Юрий Петропавловский

Полупроводниковый бизнес компании на протяжении десятилетий претерпел множество различных организационных метаморфоз. Разработку и производство полупроводниковых приборов Hitachi начала еще в 1950-е годы, производство микросхем началось в 1966 году, а в 1969 году было создано подразделение полупроводников и микросхем со штаб-квартирой в Токио, просуществовавшее до рубежа веков.

Подразделение выпускало множество типов микросхем различных категорий:

- МОП ЗУ – ОЗУ (DRAM, SRAM), флеш ЗУ, ПЗУ (ROM, EPROM, EEPROM). Подразделение выпускало самые разнообразные виды памяти:
  - стандартные динамические ОЗУ с произвольным доступом (DRAM) плотностью 4М, 16М, 64М;
  - динамические ОЗУ с синхронным доступом SGRAM плотностью до 8М и тактовой частотой до 100 МГц для видеокарт;
  - ОЗУ для видеоизображений VRAM плотностью 1М и 2М;
  - быстродействующие и низкопотребляющие синхронные ОЗУ (fast SRAM, low power SRAM) плотностью 256К, 1М, 4М с временем доступа 45-55 нс;
  - флеш-память от 1М до 64М (NOR и NAND);
  - линейки ОЗУ EDO DRAM от 4М до 128М с временем доступа 60 нс;
  - ПЗУ EPROM/PROM плотностью до 256К, ЭСППЗУ 64К-1М;

- ферроэлектрическую память FRAM плотностью до 256К;
- модули DRAM 1М-8М x36, x64 или x72; EDO DRAM 1М-8М x32, x64 или x72; SDRAM 1М-4М x64.

В 1995 году подразделение одним из первых в мире анонсировало разработку динамической памяти 1G DRAM. Прототип микросхемы базировался на технологическом процессе с нормами 0.16 мкм, однако массовое производство соответствующих микросхем началось только в 2000 году.

- Микроконтроллеры – 4-разрядные встраиваемые контроллеры серии HMCS400, 8-разрядные – серии H8/300, 16-разрядные серии H8/500, включая RISC серии H8S, а также популярные 32-разрядные RISC микропроцессоры серии SuperH (SH), впервые представленные в 1992 году. С того времени SH-контроллеры использовались в тысячах приложений, включая видеоигры, видеомагнитофоны, потреби-



Рисунок 11. Микропроцессор SH-4.

тельскую электронику, офисную автоматику и промышленные системы. В результате Hitachi стала одним из мировых лидеров на рынке RISC контроллеров. Поколение SH-3 стартовало в 1995 году и обеспечивало производительность 60 MIPS при напряжении питания 3.3 В. Следующее поколение SH-4 (Рисунок 11) появилось в 1998 году и обеспечивало операции с плавающей точкой и производительность 300 MIPS. Компания также выпускала контроллеры для управления ЖК панелями и цифровые сигнальные процессоры [5].

В ремонтной практике автора встречалось множество моделей видеомagneтофонов и видеокамер, в которых системы управления и авторегулирования были выполнены на МП Hitachi (в том числе SuperH) серий HD49xxx, HD64xxx, причем не только производства Hitachi, но и многих других фирм (JVC, Philips, Samsung и др).

- Микросхемы специального назначения (ASIC) – обширный класс заказных микросхем, включающий базовые матричные кристаллы (БМК), встраиваемые блоки, микросхемы цифровых и смешанных сигналов на базе стандартных ячеек, выполненные по технологическим нормам 0.8/0.7/0.5/0.35 мкм, 3-слойные 0.5 мкм БМК с числом логических элементов до 500,000. В 1996 году компания разработала серию стандартных ячеек HG73C, нашедшую широкое применение в качестве ядер и ячеек микросхем ASIC, включая 32-разрядные RISC микропроцессоры серий SH, высокопроизводительные прецизионные АЦП/ЦАП. Заказные микросхемы на базе HG73C содержали до 5 млн. логических вентиляей.
- Микросхемы для специализированных применений (ASSP). В данный класс приборов входят такие микросхемы, как видеопроцессоры телевизоров, каналы цветности, яркости и изображения видеомagneтофонов, видеокамер, специализированные микросхемы для звуковой, видео и автомобильной аппаратуры, беспроводных и сотовых телефонов и других специализированных применений.
- Стандартные продукты – цифровые КМОП, биполярные и BiCMOS логические микросхемы, стандартные линейные ИС, интегральные УЗЧ, микросхемы источни-

ков питания, ВЧ компоненты, дискретные полупроводниковые приборы и оптоэлектронные компоненты. Радиолюбителям хорошо известны многие интегральные УЗЧ компании серий HA1315xx (Рисунок 12), одноканальные мостовые УМЗЧ HA13116/13118 и множество других микросхем данной категории.



Рисунок 12. Микросхема HA13158A.

Основными мощностями по производству полупроводниковых пластин, приборов и микросхем в конце 90-х годов были сосредоточены в Японии – в префектурах Токио (фабрика Kodaira Operation), Ибараки, Хоккайдо, Гунма, Нагано, Чика, Ямагата, а также на зарубежных предприятиях в Германии, США и Сингапуре.

Серьезные изменения структуры полупроводникового бизнеса компании произошли в начале текущего века. 1 апреля 2003 года Hitachi Ltd и Mitsubishi Electric Corporation зарегистрировали совместное предприятие с долями 55%/45% под названием Renesas Technology Corporation со штаб-квартирой в токийском районе Маруноучи. Название Renesas является сокращением от «Renaissance Semiconductor for Advanced Solution» (ренессанс полупроводников для перспективных приложений). С момента основания новая компания вскоре стала одной из крупнейших мировых полупроводниковых компаний и номером первым среди поставщиков микроконтроллеров. Основные категории продукции: микроконтроллеры, системы на кристалле, чипы для смарт карт, аналого-цифровые изделия, микросхемы памяти.

Очередная перестройка бизнеса произошла в 2010 году после образования Renesas Electronics (см. предыдущую статью автора в журнале РадиоЛоцман – [6]).

Существует мнение, что весь полупроводниковый бизнес Hitachi перешел в Renesas,

однако это не так, в конгломерате Hitachi и в настоящее время существуют компании, занимающиеся разработкой полупроводниковых приборов и микросхем. К таким компаниям, в частности, относится Hitachi Power Semiconductor Device, Ltd. Компания зарегистрирована 1 октября 2013 года, ее головные офисы расположены в префектуре Ибараки и Токио, в компании работают порядка 1200 сотрудников. Целью реорганизации было объединение различных подразделений, занимающихся в Hitachi Ltd силовыми полупроводниковыми приборами с компанией Hitachi Haramachi Electronics Co, Ltd. с последующим переименованием новой компании. Основные области деятельности:

- разработка, производство и продажа силовых полупроводниковых приборов, оборудования для полупроводникового производства;
- дизайн, производство, продажа и ремонт электрических аппаратов и компонентов оборудования;
- производство и продажа медицинского оборудования.

В каталог продуктов компании 2014 года включены высоковольтные монолитные микросхемы серий ECN30107xx/108xx, ECN30207xx/208xx и другие, предназначенные для привода трехфазных бесколлекторных двигателей постоянного тока, а также силовые IGBT и диоды на напряжение до 6500 В. Микросхемы предназначены для применения в качестве драйверов двигателей с непосредственным питанием от сетей переменного тока 115/230 В.

Радиолюбителям и инженерам также хорошо известны электролитические и пленочные конденсаторы компании Hitachi AIC Inc,

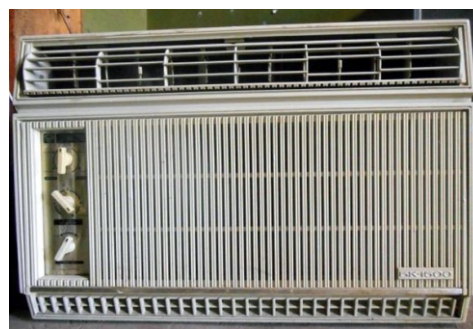


**Рисунок 13.** Конденсатор серии HCGF4A.

отличающиеся высокой надежностью, длительным сроком службы и качественными параметрами. (На Рисунке 13 показан конденсатор серии HCGF4A).

## Hitachi в России

Продукция Hitachi у нас хорошо известна еще со времен СССР, причем не только по привозной аудио и видеотехнике. В 1970-х годах в СССР были приобретены лицензии на технологию производства бытовых кондиционеров и оборудование для их производства у фирмы Hitachi. Завод для производства кондиционеров БК-1000/1500/2000



**Рисунок 14.** Кондиционер БК1000.

(Рисунок 14) был построен в Баку, запущен в 1977 году и был рассчитан на производство до полумиллиона аппаратов в год, часть из них поставлялась на экспорт (страны соцлагеря, Куба, Иран, Египет, Китай, Австралия). Качество продукции было достаточно высоким, о чем говорит факт поставки около поло-



**Рисунок 15.** Мини-экскаватор ZX10U-2.



**Рисунок 16.** Большой самосвал EH5000AC-3.

вины производимых заводом компрессоров для кондиционеров по заказам компании Toshiba [7].

В настоящее время присутствие Hitachi в России весьма значительно, ведут активную деятельность представительства различных компаний конгломерата:

- ООО «Hitachi Construction Machinery Eurasia Sales» – экскаваторы (на Рисунке 15 мини-экскаватор ZX10U-2, глубина копания 1.8 м), колесные погрузчики, краны, самосвалы (на Рисунке 16 модель EH5000AC-3, вместимость кузова до 200 м<sup>3</sup>), специальная техника.
- Представительство акционерной компании «Hitachi, Ltd.» – транспортные системы, полупроводники, промышленные дисплеи, спутниковые снимки, компрессорное оборудование, промышленные струйные принтеры, промышленная автоматизация, GeoPDF (специальное ПО – расширенный формат PDF, содержащий пространственную информацию – широту и долготу, значительно облегчающую работу с геоинформационными данными при использовании обычных программ типа Adobe Reader).
- Филиал компании «Hitachi Power Tools Netherlands B.V.» – электроинструменты, бензотехника, расходные материалы. Каталог компании 2014 года вызывает уважение: многие сотни моделей аккумуляторных и сетевых шуруповертов, гайковёртов, рубанков, перфораторов, шлифмашин, циркулярных и сабельных пил, лобзиков, ножниц, кусторезов, триммеров, степлеров, дрелей и множество других инструментов; отрезное оборудование,

бензиновые инструменты и генераторы переменного тока, а также иные продукты бытового и профессионального назначения. Производство расположено в Японии (2 завода, буква E в серийном номере или отсутствие буквы), Китае (3 завода, буквы J, C, H), Ирландии (D), Малайзии (M) и на Тайване (O).

- Компания «Hitachi Construction Machinery Eurasia Manufacturing» – производство экскаваторов.
- Московское Представительство Акционерной компании «Хитачи Алока Медикал, Лтд.» – медицинское оборудование.
- Московское представительство компании «Hitachi Air Conditioning Europe SAS» – бытовые, полупромышленные, мультизональные и мульти сплит-системы, холодильные машины, тепловые насосы, системы управления.
- Московское представительство компании «Хитачи Дата Системс» – информационные системы, решения и услуги.
- Представительство Корпорации «Хитачи Хай-Технолоджиз» – электронные микроскопы.
- «Hitachi Home Electronics Asia (S) Pte. Ltd» – бытовая техника: холодильники, пылесосы, мультиварки, сервисное обслуживание.

Кроме того в России работает ряд официальных дистрибьюторов многих компаний конгломерата Hitachi.

В последние времена Hitachi начала развивать полноценные производства в России. 22 января 2014 года прошла официальная церемония в честь получения разрешения на пуск завода компании «Хитачи Констракшн Машинери (ХКМ) Евразия Ману-



**Рисунок 17.** Завод в Тверской области.



**Рисунок 18.** Экскаватор в цехе завода.

фэччеринг», построенного компанией «Step» (г. Санкт-Петербург) по заказу компании «Hitachi Construction Machinery Co., Ltd» (HCM) в Калининском районе Тверской области. (На Рисунке 17 здание завода вблизи деревни Лебедево по ул. Хитачи, д. 1). На церемонии присутствовал генеральный директор HCM Г-н Мичидзиро Кикава. Как сказал на мероприятии генеральный директор ХКМ Г-н Мазафуми Сензаки, новый завод будет производить гидравлические экскаваторы среднего размера. (На Рисунке 18 экскаватор ZAXIS-200 в цехе нового завода). Подробности можно найти в [8].

21 мая 2014 года, несмотря на санкции, состоялось открытие предприятия «Никко



**Рисунок 19.** Церемония открытия предприятия Никко ТиЭрАй Евразия.

ТиЭрАй Евразия», ориентированного на производство комплектующих для дорожно-строительной техники на заводе ХКМ в Тверской области (Рисунок 19) [9]. **РЛ**

### Литература:

5. [http://smithsonianchips.si.edu/ice/cd/PROF98/ TOP\\_TEN.PDF](http://smithsonianchips.si.edu/ice/cd/PROF98/ TOP_TEN.PDF)
6. Ю. Петропавловский, «Renesas Electronics – история слияний и поглощений. Глава 1 – Mitsubishi.», РадиоЛоцман, 2014, март, апрель
7. <http://tech.obozrevatel.com/article/kak-v-sssr-kopirovali-zapadnyu-elektroniku.htm>
8. <http://jury-tver.livejournal.com/169714.html>
9. <http://vedtver.ru/news/36024>

# Стеки для организации беспроводной передачи данных на основе устройств STM32W108



## Часть 1

Михаил Русских

*Рассматриваются определяемые стандартом IEEE 802.15.4 физический уровень и уровень управления доступом к среде для беспроводных персональных сетей. Поясняется назначение библиотеки SimpleMAC для систем-на-кристалле STM32W108, приводятся функции инициализации, изменения каналов и передачи пакетов.*

Для реализации распределенных систем управления и мониторинга автономных устройств в промышленности и сфере домашней автоматике наилучшим образом подходит оборудование беспроводной передачи данных, поддерживающее стандарт IEEE 802.15.4 [1]. Простота технологии, низкая стоимость радиомодулей и их малое энергопотребление позволяют организовывать надежные и недорогие сети с небольшой, но достаточной для передачи рабочей информации скоростью.

Зачастую в таких сетях, представляющих собой связанную по беспроводному каналу совокупность датчиков или исполнительных устройств, конечная точка должна представлять собой систему, включающую в себя приемопередатчик и микроконтроллер с периферией для работы с подключаемым устройством. Поскольку использование отдельных радиомодулей и контроллеров на одной плате увеличивает сложность оборудования, его стоимость и габариты, производители электронных компонентов выпускают систе-

мы-на-кристалле (СнК), экономящие время и стоимость разработки. Одну из удачных линеек таких СнК предлагает компания STmicroelectronics. В ее устройствах STM32W108 [2] сочетаются 32-разрядный микроконтроллер с ядром Cortex-M3 и приемопередатчик, поддерживающий стандарт IEEE 802.15.4. При этом стоимость одной такой СнК в среднем составляет 150 рублей. Кроме того, компания предоставляет программные стеки SimpleMAC и ZigBee RF4CE, которые существенно упрощают организацию сетей на основе этих СнК. О таких стеках пойдет речь в данном материале.

Вначале следует рассмотреть библиотеку SimpleMAC [3], позволяющую на основе уровня управления доступом к среде (MAC) стандарта IEEE 802.15.4 осуществлять обмен данными в сети беспроводной связи. До этого стоит уделить немного внимания физическому уровню (PHY) и MAC-уровню, чтобы лучше понимать принцип работы функций библиотеки.

4 байта	1 байт	1 байт		От 0 до 127 байт
Преамбула	SFD	Длина кадра (7 бит)	Резерв (1 бит)	PSDU
SHR		PHR		Полезная информация

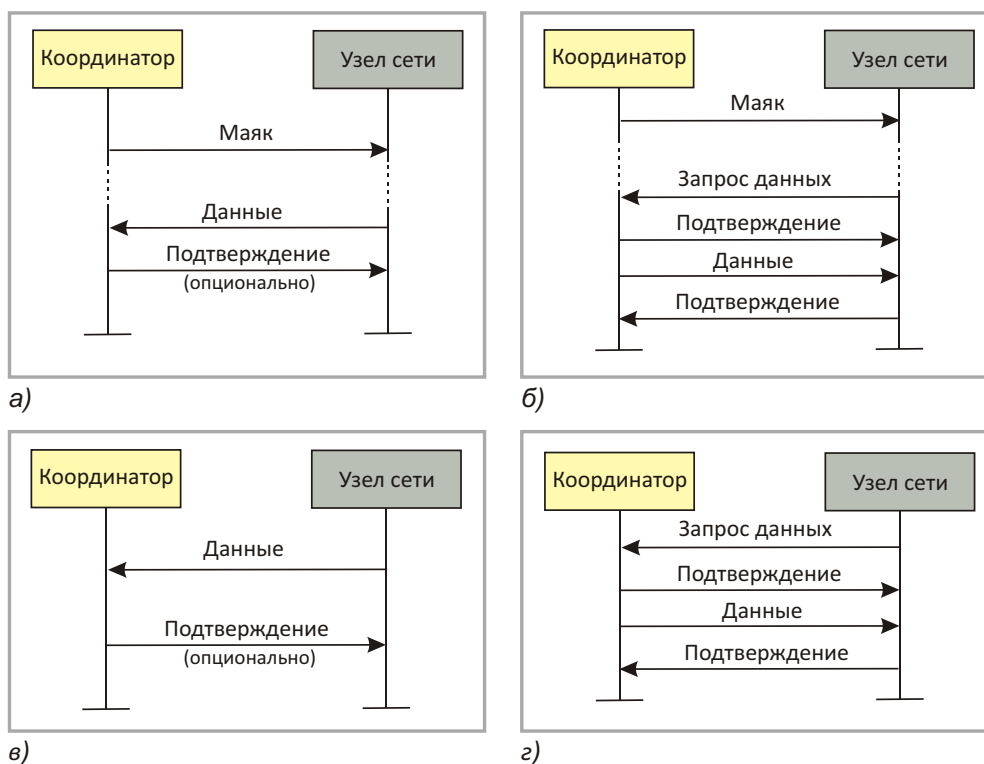
**Рисунок 1.** Структура кадра физического уровня.

## Физический уровень

На физическом уровне ведется работа непосредственно с самим приемопередатчиком: производится его включение и отключение, определяется качество беспроводного соединения, выбирается частота каналов и осуществляются прием и передача пакетов данных. Стандарт IEEE 802.15.4 определяет два уровня PHY, работающих на разных частотах: 868/915 МГц и 2.4 ГГц. Первый применяется в Европе (частотный диапазон 868 – 868.6 МГц) и Северной Америке (902–928 МГц), а второй (2400–2483.5 МГц) применяется во всем мире. Помимо различия в частотах, они также отличаются количеством каналов и скоростью передачи данных. Подуровень 868 МГц предполагает только один канал со скоростью передачи 20 Кб/с, подуровень 915 МГц – 10 каналов со скоростью 40 Кб/с, а уровень 2.4 ГГц – 16 каналов со скоростью 250 Кб/с.

Кроме того, к задачам физического уровня относится оценка занятости канала (CCA или Clear Channel Assessment) для функционирования алгоритма доступа к каналу с исключением столкновений (CSMA-CA или Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Информация в сети передается кадрами. Общая структура такого кадра представлена на Рисунке 1. Префиксный заголовок (SHR) состоит из преамбулы, которая выражается 32 нулями, и стартового разграничителя кадра (SFD), обозначающего конец преамбулы синхронизации и начало пакета данных. SFD должен иметь значение 10100111 в двоичном коде. После этого идет заголовок физического уровня, содержащий 7 бит длины кадра. Затем передается блок сервисных данных (PSDU), который представляет собой MAC-уровень.



**Рисунок 2.** Модели передачи данных.

## Уровень управления доступом к среде

MAC-уровень обеспечивает адресацию и механизмы управления доступом к каналам, благодаря чему устройства могут общаться между собой в многоточечной сети. Стандарт IEEE 802.15.4 позволяет узлам сети взаимодействовать как напрямую друг с другом (топология peer-to-peer), так и образовывать структуры типа «звезда». Причем, с помощью этих двух структур можно организовать сети с комбинированной кластерной топологией. Для маршрутизации информационных потоков в рамках топологических схем служит координатор персональной сети (PAN или Personal Area Network). В структуре типа «звезда» координатором PAN становится устройство с полной функциональностью, с которым связаны устройства с ограниченной функциональностью. При организации коммуникации peer-to-peer одно из устройств также должно стать координатором PAN. Как правило, оно является первым подключившимся к каналу. Далее сеть может строиться по принципу «точка-точка» или «дерево».

Каждый узел должен иметь уникальный 64-разрядный адрес, который может использоваться для прямых коммуникаций в пределах персональной сети. Также координатор PAN может использовать сокращенные 16-разрядные адреса для групповой адресации сетевых устройств.

Стандарт IEEE 802.15.4 на MAC-уровне предполагает два типа передачи данных: с использованием кадров-маяков и без них. В первом случае, если узел хочет передать данные координатору (Рисунок 2а), вначале он должен выполнить поиск маяка для того, чтобы синхронизироваться со структурой суперкадра. После этого устройство в соответствующий момент времени может передать пакет данных. При необходимости коор-

динатор может отправить этому устройству кадр подтверждения пакета данных. Если же нужно осуществить передачу данных от координатора к узлу сети (Рисунок 2б), то этот узел будет «прослушивать» маяки, и при обнаружении информации об ожидающем отправке сообщении он передаст команду запроса данных. Затем координатор перешлет узлу подтверждение получения запроса данных, после чего отправит и сами данные, при получении которых устройство должно будет послать координатору подтверждение их получения. В случае коммуникации без использования маяков при передаче данных узлом координатору (Рисунок 2в) посылается пакет данных в соответствии с бездоменной схемой CSMA-CA. Координатор может подтвердить получение этого пакета. Если данные должен передать координатор (Рисунок 2г), то узел прежде отправляет MAC-команду запроса данных, также в соответствии с бездоменным механизмом CSMA-CA, после чего координатор передаст подтверждение получения запроса, а затем и кадр данных, после получения которого устройство отправит подтверждение приема информации.

Общий формат кадра MAC-уровня изображен на Рисунке 3. Он состоит из заголовка (MHR), поля данных и завершающего поля (MFR) с контрольной суммой кадра (FCS). В свою очередь, заголовок содержит поле управления (FCF), порядковый номер и адресные поля, к которым относятся PAN-идентификатор точки назначения, адрес точки назначения, PAN-идентификатор отправителя и адрес отправителя.

Поле управления состоит из 15 бит, его структура показана на Рисунке 4. Тип кадра, описываемый тремя битами, может принимать следующие значения: маяк (000), данные (001), подтверждение (010), MAC-команда (011). Коды 100-111 зарезервирова-

2 байта	1 байт	0/2 байта	0/2/8 байт	0/2 байта	0/2/8 байт	Разное кол-во байт	2 байта
FCF	Поряд. номер	PAN-идент. точки назначения	Адрес точки назначения	PAN-идент. отправителя	Адрес отправителя	Поле данных	FCS
		Адресные поля					
MHR						Поле данных MAC	MFR

Рисунок 3. Общий формат кадра MAC-уровня.



15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим адресации отправителя		Резерв		Режим адресации точки назначения		Резерв			Intra-PAN	Запрос подтверждения	Задержка кадра	Бит безопасности	Тип кадра		

**Рисунок 4.** Формат поля управления.

ны. При установленном бите безопасности предполагается, что кадр защищен на MAC-уровне. Бит задержки кадра принимает значение 1, если узел, посылающий кадр, имеет дополнительные данные для получателя. Бит запроса подтверждения определяет необходимость подтверждения в случае приема получателем данных или MAC-команды. При установленном бите оно будет отправлено. В случае установленного бита Intra-PAN пакет будет передан внутри сети, иначе он будет передан в другую сеть. Режим адресации точки назначения может быть представлен следующими значениями: идентификатор PAN и адресные поля отсутствуют (00), зарезервировано (01), адресное поле содержит 16-битный короткий адрес (10), адресное поле содержит 64-битный расширенный адрес (11). Те же значения может принимать режим адресации отправителя.

## Библиотека SimpleMAC

Библиотека SimpleMAC охватывает функции уровней PHY и MAC. К первым можно отнести, например, выбор радиоканала, управление мощностью передачи, выбор альтернативного пути передачи, управление режимом сна и пробуждением передатчика, индикацию качества канала. Ко вторым – автоматический прием и верификацию подтверждений, передачу с поддержкой CSMA-CA, организацию периодов отсрочки, прием пакетов с проверкой контрольной суммы, установку адреса узла и идентификатора сети, а также прочие функции, характерные для MAC-уровня.

Библиотеку условно можно разделить на несколько классов функций интерфейса программирования приложения (API):

- функции инициализации и пробуждения;
- функции для работы с каналами;
- функции передачи пакетов;
- функции приема пакетов;
- криптографические функции, которые обеспечивают интерфейс с аппаратным AES-сопроцессором;

- функции для работы с MAC-таймером;
- прочие функции для диагностики и конфигурации.

В рамках библиотеки SimpleMAC приняты определенные правила в наименовании функций API. Все функции библиотеки SimpleMAC начинаются с префикса «ST\_», за которым следует основное наименование семейства API (например, Radio или AES). Функции, которые применяются в приложении и вызываются из библиотеки SimpleMAC, заканчиваются словом «Callback». В свою очередь, функции, применяемые в приложении и вызываемые из библиотеки SimpleMAC во время прерывания, имеют окончание «IsrCallback».

Далее рассмотрим основные функции, необходимые для надежной работы беспроводной сети.

### Функции инициализации и пробуждения

Для инициализации радиомодуля и его одновременной калибровки используется функция **ST\_RadioInit(RadioPowerMode initialRadioPowerMode)**. Она должна быть вызвана после перезагрузки микроконтроллера или его выхода из режима глубокого сна. Функция включит радиомодуль и настроит канал связи. После настройки приемопередатчик останется в состоянии, указанном в параметре **initialRadioPowerMode**. Этот параметр может принимать два значения: **ST\_RADIO\_POWER\_MODE\_OFF** (радиомодуль будет отключен) и **ST\_RADIO\_POWER\_MODE\_RX\_ON** (радиомодуль будет включен). Необходимо помнить, что все остальные функции библиотеки SimpleMAC не следует вызывать, пока не будет произведена инициализация с помощью **ST\_RadioInit**.

Для ввода приемопередатчика в режим сна и вывода из него служат функции **ST\_RadioSleep()** и **ST\_RadioWake()**. Первая функция, по сути, выключает радиомодуль, при этом все выполняемые операции по приему или передаче пакетов прекращаются.

**ST\_RadioWake** вновь вводит приемопередатчик в работу, и в данном случае используются все настройки, которые были установлены ранее. **ST\_RadioWake** должна быть вызвана не раньше, чем за 250 мкс после вызова **ST\_RadioSleep**.

### Функции для работы с каналами

Для установки канала, на котором будет работать модуль, служит функция **ST\_RadioSetChannel(int8u channel)**. Параметр **channel** указывает канал в рамках стандарта 802.15.4. Если **ST\_RadioSetChannel** вызывается до **ST\_Radiolnit**, то указанный номер канала будет установлен, но настройка произведена не будет. Если приемопередатчик находится в режиме сна, то эта функция разбудит его, чтобы выполнить калибровку канала, а затем снова переведет в сон. Весь процесс настройки одного канала может занять до 200 мс. Результаты таких настроек могут сохраняться во флеш-памяти для использования в следующий раз, когда будет выбран тот же канал. Поэтому при повторном вызове **ST\_RadioSetChannel** с тем же номером канала калибровка может занять меньший промежуток времени.

Для того, чтобы узнать номер канала, который использует радиомодуль, следует воспользоваться функцией **ST\_RadioGetChannel()**, возвращаемое значение которой будет являться искомой величиной длиной один байт.

Иногда в процессе работы настройки радиомодуля могут нарушиться вследствие изменения условий окружающей среды, например, температуры. Благодаря функции **ST\_RadioCheckRadio()** можно определить необ-

ходимость дополнительной калибровки. Она возвращает два значения: TRUE (если для компенсации нужна калибровка) и FALSE (если калибровка не нужна). Следует учитывать, что эта функция не должна вызываться в процессе передачи пакетов. Если **ST\_RadioCheckRadio** вернула TRUE, то необходимо вызвать функцию **ST\_RadioCalibrateCurrentChannel()**. Она позволит выполнить необходимую перекалибровку для текущего канала.

### Функции передачи пакетов

Для того, чтобы передать пакет в эфир, нужно воспользоваться функцией **ST\_RadioTransmit(int8u \*packet)**. Здесь **\*packet** представляет собой указатель на этот пакет. Передача происходит в соответствии со структурой **radioTransmitConfig**, которую заранее должен задать программист. Для этого он должен объявить глобальную переменную **radioTransmitConfig** типа **RadioTransmitConfig**. Данный тип соответствует структуре, содержащей параметры, определяющие характер передачи. Эти параметры представлены в Таблице 1.

Первый байт пакета должен содержать число байт передаваемой полезной информации. Если параметр **radioTransmitConfig.appendCrc** имеет значение TRUE, то количество байт в пакете увеличивается на 2, поскольку добавляются еще два байта CRC. Например, пакет с двумя байтами полезной информации будет представлен в памяти в виде {0x04, 0x00, 0x01, 0xc0, 0xc1}, где 0xc0 и 0xc1 – байты CRC. Если параметр **radioTransmitConfig.checkCca** установлен в TRUE, то функция перед отправкой данных

Таблица 1. Параметры структуры **radioTransmitConfig**

Параметр	Тип	Описание
waitForAck	boolean	Ожидать подтверждения (ACK), если подтверждения разрешены в поле управления
checkCca	boolean	Проверить незанятость канала и осуществить задержку перед передачей информации
ccaAttemptMax	int8u	Количество попыток проверки незанятости канала. Это значение может быть от 0 до 5. По умолчанию установлено 4
backoffExponentMin	int8u	Показатель степени отсрочки для первой попытки детектирования незанятости канала. Это значение может быть от 0 до 3. По умолчанию установлено 3
backoffExponentMax	int8u	Показатель степени отсрочки для последней попытки детектирования незанятости канала. По умолчанию установлено 5
minimumBackoff	int8u	Минимальное количество задержек
appendCrc	boolean	Добавить контрольную сумму (CRC) к передаваемому пакету

проверит занятость канала и выставит задержку, в противном случае передача осуществится немедленно.

Если процесс передачи данных был успешно начат, то автоматически после **ST\_RadioTransmit** вызывается функция **ST\_RadioTransmitCompleteIsrCallback(StStatus status, int32u sfdSentTime, boolean framePending)**, которая предназначена для индикации завершения этой передачи. Перед отправкой нового пакета следует проверить параметр **status**, чтобы решить, какое действие нужно предпринять дальше. Этот параметр может принимать следующие значения:

- **ST\_SUCCESS** (последний байт пакета, не требующего подтверждения, был передан),
- **ST\_PHY\_ACK\_RECEIVED** (запрашиваемое подтверждение получено),
- **ST\_MAC\_NO\_ACK\_RECEIVED** (запрашиваемое подтверждение не было получено вовремя),
- **ST\_PHY\_TX\_CCA\_FAIL** (передача невозможна из-за отсутствия свободных каналов),
- **ST\_PHY\_TX\_UNDERFLOW** (произошло отрицательное переполнение буфера передачи),
- **ST\_PHY\_TX\_INCOMPLETE** (не удалось зафиксировать синтезатор частот с фазовой синхронизацией во время передачи).

Параметр **sfdSentTime** представляет собой значение MAC-таймера в момент времени, когда был послан стартовый разграничитель кадра. Параметр **framePending** принимает значение **TRUE**, если полученное подтверждение сообщает о том, что кадр

находится в ожидании. Это очень важная информация, позволяющая уведомить отправителя, что узел назначения ожидает от него данные.

Мощность передачи радиомодуля можно устанавливать программно. Для этого служит функция **ST\_RadioSetPower(int8s power)**. Параметр **power** определяет желаемый уровень мощности в дБм. Можно также узнать текущую мощность передачи с помощью функции **ST\_RadioGetPower()**, которая возвращает значение типа **int8s**, выраженное в дБм.

Кроме того, библиотека SimpleMAC позволяет определять момент последней синхронизации на основании стартового разграничителя кадра. Данная функция по умолчанию отключена, чтобы активировать её, необходимо вызвать функцию **ST\_RadioEnableSfdSentNotification(boolean enable)**, в которой параметр **enable** приравнять значению **TRUE**. После этого библиотекой будет вызываться функция прерывания **ST\_RadioSfdSentIsrCallback(int32u sfdSentTime)**, где параметр **sfdSentTime** имеет значение MAC-таймера, определяющее момент последней синхронизации.

В следующей части будет завершено рассмотрение библиотеки SimpleMAC и начат обзор протокола ZigBee RF4CE. **РЛ**

## Источники

1. Стандарт IEEE 802.15.4. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4d-2009.pdf>
2. Документация на СМК серии STM32W108. <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00248316.pdf>
3. Библиотека SimpleMAC. <http://www.st.com/web/en/catalog/tools/PF257875#>

*Продолжение в следующих номерах*

# Драйвер для 14-битного АЦП работает в широком диапазоне коэффициентов усиления

Guy Hoover, Linear Technology

Design Note 526

## Введение

Микросхема АЦП LTC2314-14 имеет последовательный выход, содержит высокоточный источник опорного напряжения, и способна работать на частоте до 4.5 Мвыб/с. Управлять несимметричным входом микросхемы очень просто, и во многих случаях для этого не требуется входной буфер. Если же сигналы слабы, или их источник имеет большой выходной импеданс, в качестве драйвера можно использовать операционный усилитель, такой, скажем, как LT6236. LT6236 – это драйвер, предназначенный, в первую очередь, для операционных усилителей и

АЦП последовательного приближения, имеющий добротность 215 МГц, выход rail-to-rail, приведенную к входу плотность напряжения шумов 1.1 нВ/ Гц и типовое смещение всего 100 мкВ. Ток потребления LT6236 не превышает 3.5 мА. Это очень хорошая совокупность параметров, вполне отвечающая требованиям, предъявляемым к описываемому ниже приложению.

Для оценки возможности использования представленного здесь драйвера приведены его характеристики при различных коэффициентах усиления, скоростях выборки и частотах входных сигналов.

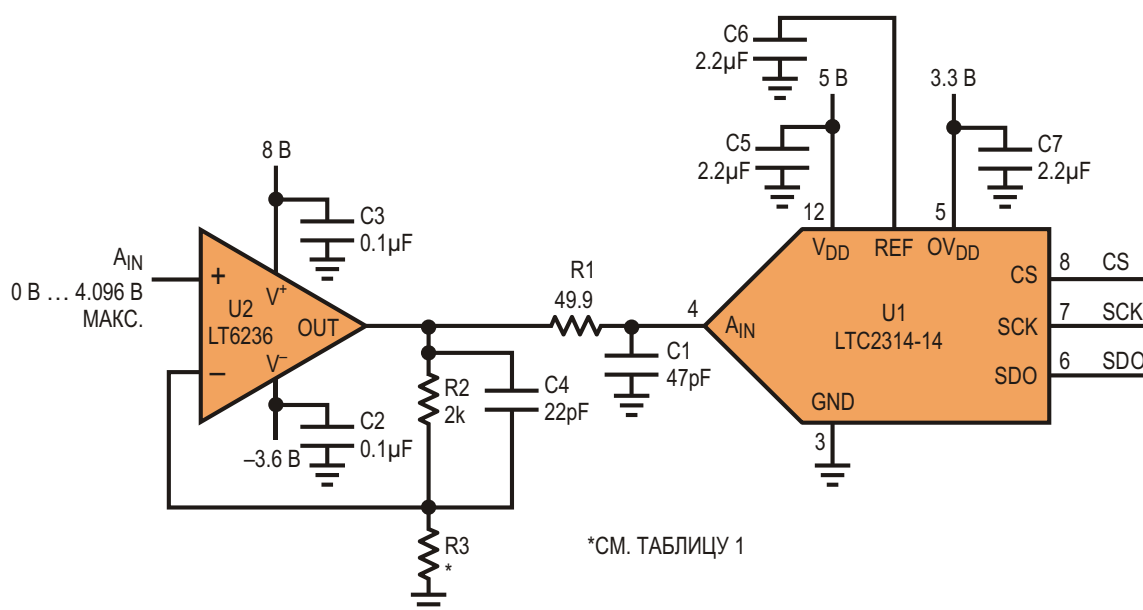
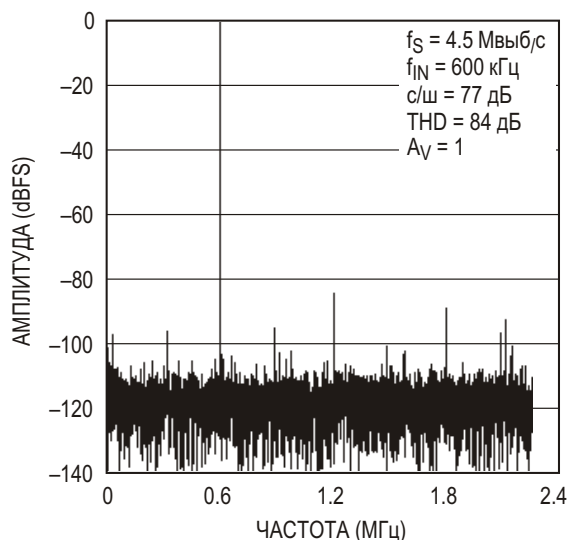


Рисунок 1. Драйвер АЦП с несимметричным входом и диапазоном входных напряжений от 0 до 4.096 В.



**Рисунок 2.** Результат 16К-точечного БПФ выходного сигнала схемы, изображенной на Рисунке 1.

## Работа драйвера

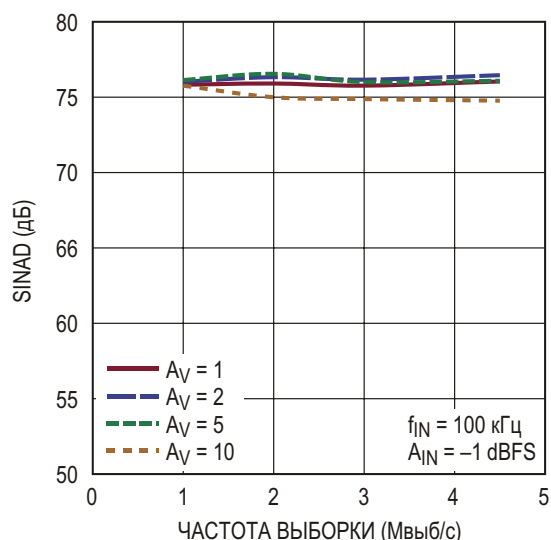
На Рисунке 1 изображена схема неинвертирующего драйвера, управляющего микросхемой LTC2314-14. В зависимости от выбранного сопротивления резистора R3, коэффициент усиления драйвера принимает значение между 1 и 10 (Таблица 1). Конденсатор C1 и резистор R1 ограничивают полосу пропускания до 68 МГц. Кроме того, C1 выполняет функцию накопительного резервуара для заряда конденсатора выборки/хранения на входе АЦП и помогает изолировать LT6236 от помех, возникающих на выводе AIN в момент перехода АЦП в режим выборки. Этой же цели изоляции служит и резистор R1.

**Таблица 1.** Коэффициент усиления и диапазон входных напряжений для различных значений R3

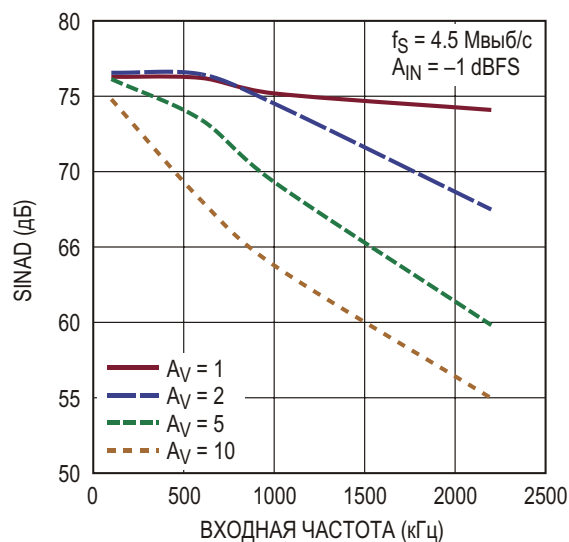
R3 (Ом)	Усиление	Диапазон AIN (В)
	1	0 ... 4.096
2000	2	0 ... 2.048
499	5	0 ... 0.8192
221	10	0 ... 0.4096

## Характеристики драйвера

Из показанного на Рисунке 2 результата БПФ выходного сигнала видно, что схема с единичным усилением имеет отношение



**Рисунок 3.** Зависимость SINAD от частоты выборки.



**Рисунок 4.** Зависимость SINAD от частоты входного сигнала.

сигнал/шум 77 дБ и полный уровень гармонических искажений –84 дБ при темпе выборки 4.5 Мвыб/с и входной частоте 600 кГц. Эти величины близки к типовым параметрам, приведенным в справочных материалах на микросхему LTC2314-14, включенную автономно, и говорят о том, что использование драйвера практически не ухудшает характеристик схемы. На Рисунке 3 изображена зависимость SINAD (отношение сигнала к шуму и искажениям) от частоты выборки для нескольких коэффициентов усиления от одного до десяти. SINAD практически не меняется и остается на уровне 75-76 дБ в

диапазоне частот выборки от 1 Мвыб/с до предельного для данной микросхемы значения 4.5 Мвыб/с.

На Рисунке 4 показаны зависимости SINAD от частоты входного сигнала для коэффициентов усиления от 1 до 10. Начинаясь со значений 75-76 дБ при входной частоте 100 кГц, SINAD падает с ростом частоты и усиления. Для большинства приложений вполне допустимо снижение SINAD на 3 дБ. При единичном усилении SINAD уменьшается до 73 дБ на частоте примерно 2.2 МГц. При коэффициенте усиления два это происходит приблизительно на 1.2 МГц, при пяти и десяти – соответственно, на частотах порядка 600 кГц и 250 кГц.

## Заключение

Для управления 14-разрядным АЦП последовательного приближения LTC2314-14 со скоростью выборки 4.5 Мвыб/с может использоваться микросхема малошумящего драйвера LT6236, имеющая rail-to-rail выход, добротность 215 МГц, коэффициент усиления от одного до десяти и диапазон скоростей выборки от 1 до 4.5 Мвыб/с при частоте входного сигнала от 100 кГц до 2.2 МГц. Схема подходит как для высоко-, так и для низкоимпедансных источников сигнала. Рисунки 3 и 4 помогут оценить пригодность этого драйвера для приложений с определенными значениями усиления и полосы частот входного сигнала. **РЛ**

# Драйвер нижнего плеча с улучшенной защитой от коротких замыканий

Anthony Smith

Electronic Design

Эта простая схема наделяет стандартные драйверы, такие, как выходы обычных логических вентилях, функцией защиты от коротких замыканий, одновременно позволяя им управлять мощной нагрузкой при намного более высоких напряжениях.

Предлагаемая схема основана на решении, опубликованном в [1], где оптоизолятор, подключенный к выходу микроконтроллера, превращает «тупой» драйвер нижнего плеча в «интеллектуальное» устройство с возможностями диагностики и защиты от коротких замыканий.

Схема адаптирует эту концепцию для случаев, когда микроконтроллер в схеме отсутствует, или использовать его для управления схемой нецелесообразно. Кроме того, новый вариант схемы защищает от коротких замыканий даже самые примитивные драйверы, такие, например, как выходные каска-

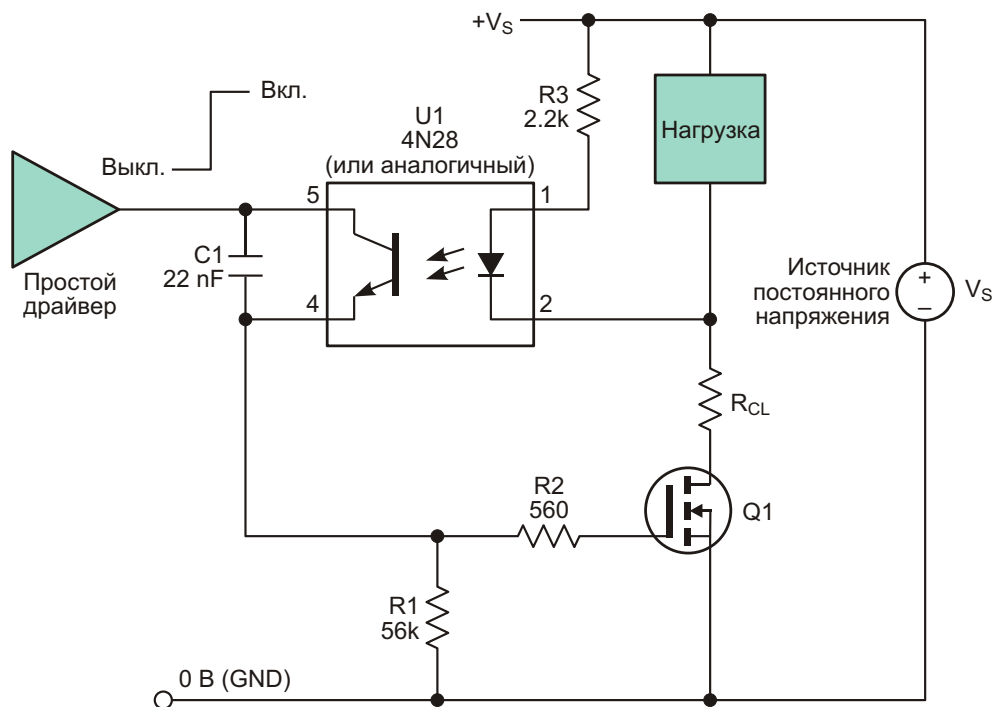


Рисунок 1. Простой драйвер нижнего плеча может защитить от коротких замыканий даже выход простого логического элемента.

ды простых логических вентилях (Рисунок 1). В результате маломощное низковольтное устройство приобретает способность управлять мощной нагрузкой, питающейся от намного более высокого напряжения, не подвергаясь риску повреждения коротким замыканием.

Предположим, что конденсатор С1 изначально разряжен, напряжение на выходе драйвера равно нулю, и N-канальный MOSFET Q1 закрыт. Во время перехода выхода драйвера из низкого уровня в высокий продифференцированный элементами С1 и R2 перепад напряжения через резистор R2 проходит на затвор транзистора Q1 и открывает его. Если бы обратная связь через оптоизолятор U1 отсутствовала, конденсатор С1 быстро зарядился бы через резистор R1, напряжение на затворе Q1 упало бы до нуля, и MOSFET выключился бы через несколько миллисекунд. Однако наличие оптрона позволяет схеме эффективно контролировать напряжение на нагрузке.

В нормальном режиме работы при включенном Q1 на нагрузку появляется полное напряжение питания  $+V_S$ , через светодиод оптрона U1 течет прямой ток, ограниченный резистором R3, фототранзистор оптрона открывается и шунтирует С1, вследствие чего уровень напряжения на затворе Q1 поддерживается высоким. Таким образом, MOSFET остается открытым, и питание нагрузки не прерывается.

При коротком замыкании нагрузки, независимо от того, в какой момент это произой-

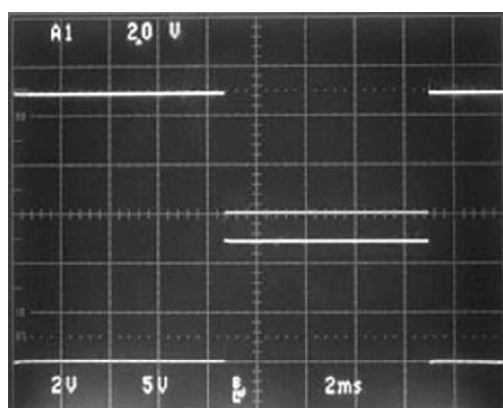
дет, фототранзистор оптрона U1 закроется, С1 быстро зарядится через R1, и напряжение на затворе Q1 в течение короткого отрезка времени спадает до нуля. Теперь MOSFET выключится, разрывая путь тока нагрузки, и будет оставаться закрытым до тех пор, пока выход драйвера не вернется в низкий уровень (что позволит конденсатору С1 разрядиться), а затем вновь переключится вверх. Схема будет продолжать «сбрасываться» до тех пор, пока не будет устранено короткое замыкание.

Резистор R2 ограничивает ток затвора Q1, чтобы защитить емкость затвор-исток от повреждения при включении драйвера. Одновременно этот резистор может служить средством предотвращения генерации MOSFET. Обычно его сопротивление должно составлять несколько сотен ом.

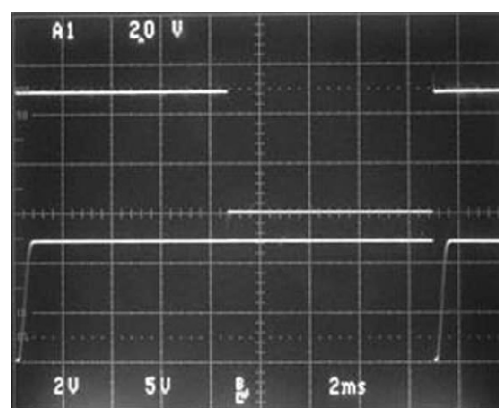
Осциллограммы на Рисунке 2 иллюстрируют работу схемы, в которой в качестве Q1 используется транзистор BUK455-60A. Напряжение питания нагрузки  $+V_S$  равно 12 В, сопротивление нагрузки 100 Ом, а сигнал драйвера имеет форму меандра с частотой 60 Гц и размахом 5 В.

В штатном режиме (Рисунок 2а) высокому уровню сигнала управления соответствует низкий уровень на стоке Q1 – все напряжение питания падает на нагрузку. Осциллограмма на Рисунке 2б соответствует короткому замыканию нагрузки.

Когда напряжение на выходе драйвера становится высоким, выходное напряжение схемы на стоке Q1 очень быстро падает до



а)



б)

**Рисунок 2.** В штатном режиме работы при высоком уровне сигнала управления напряжение на стоке Q1 имеет низкий уровень, и к нагрузке приложено полное напряжение питания (нижняя осциллограмма) (а). При коротком замыкании нагрузки полное напряжение возникает на нагрузке на время менее миллисекунды (б).



нуля (менее, чем за миллисекунду), после чего сразу же возвращается обратно до уровня +12 В. Другими словами, при коротком замыкании нагрузки полное напряжение питания появляется на ней на время менее одной миллисекунды, после чего происходит «сброс» схемы, и выходное напряжение падает до нуля.

В случае неисправности нагрузки схема включится лишь на короткий промежуток, определяемый, в основном, величиной постоянной времени  $C1$ ,  $R1$ . Если это время будет слишком коротким, при работе схемы в нормальном режиме оптрон не успеет полностью открыться и зашунтировать  $C1$ . А при слишком большой постоянной времени амплитуда кратковременного броска тока,

возникающего при коротком замыкании нагрузки, может превысить допустимые для MOSFET значения, и транзистор будет поврежден.

Пробная схема уверенно работала при  $C1 = 22$  нФ и  $R1 = 56$  кОм. Включенный последовательно со стоком Q1 необязательный токоограничивающий резистор  $R_{CL}$  с типичным сопротивлением в несколько ом позволяет ограничить максимальный выходной ток на безопасном уровне. [РЛ](#)

## Ссылки

1. «Наделите интеллект простой автомобильный драйвер верхнего/нижнего плеча». РадиоЛоцман, 2013, март, стр. 47.

# Ключ нижнего плеча с быстрым выключением для коммутации индуктивных нагрузок

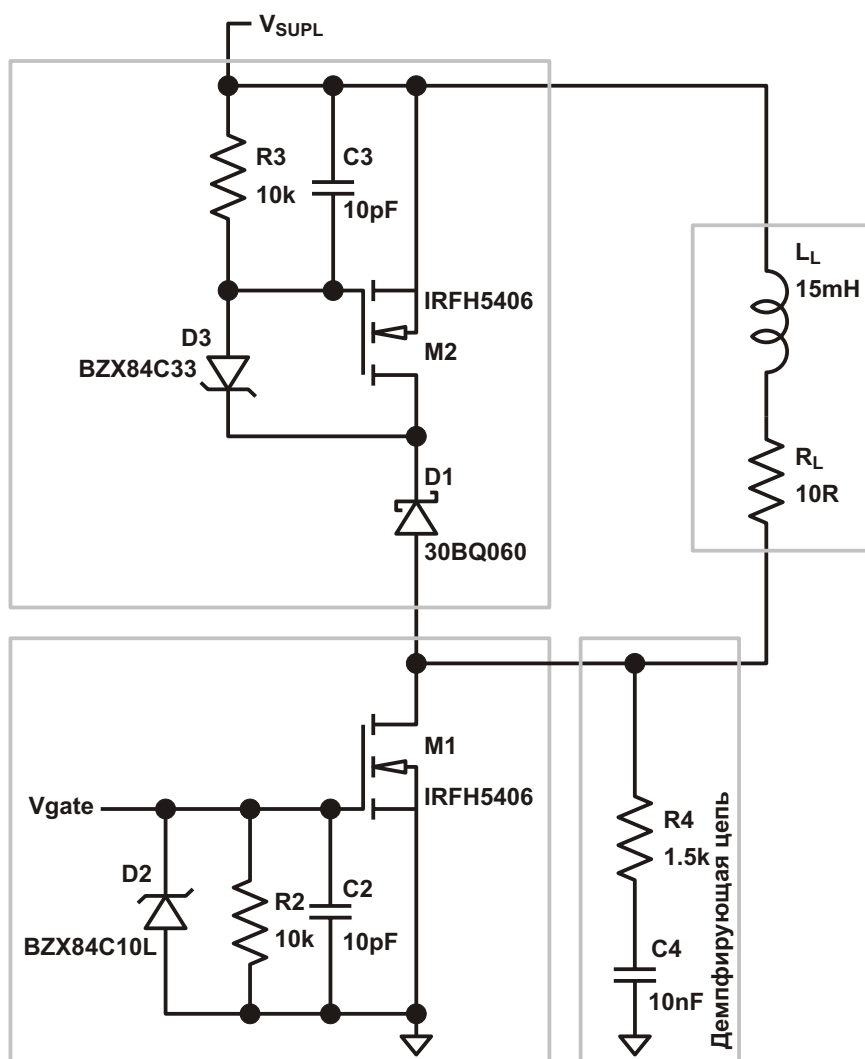
Deivaraja Ramasamy

EDN

Эта схема способна очень быстро отключать индуктивную нагрузку. При нагрузке с указанным на схеме импедансом (15 мГн + 10 Ом) замена шунтирующего диода модифицированной цепью разряда уменьшает время выключения до 450 мкс. Для выключе-

ния схемы с обычным разрядным диодом потребовалось бы порядка 4 мс.

В схеме с разрядным диодом напряжение на нагрузке увеличивается только на величину прямого падения на диоде, и спад тока происходит по экспоненциальному закону.



Если считать, что выключенному состоянию схемы соответствует спад тока до 1% от тока насыщения, время выключения схемы  $t_{OFF}$  с обычным шунтирующим диодом будет определяться выражением

$$t_{OFF} = 4.6 \frac{L_L}{R_L} .$$

В модифицированной схеме время выключения сокращено за счет увеличения напряжения фиксации. В схеме использована та же конфигурация N-канальных MOSFET, как в цепи ключа нижнего плеча, так и в цепи фиксации.

Резисторы R2 и R3 необходимы для разряда затворов транзисторов и их быстрого выключения в случае сбоя питания. Стабилитрон D2 ограничивает напряжение затвора транзистора M1. C2 и C3, уменьшая скорость нарастания напряжения стока, предохраняют схему от защелкивания. Затвор M1 соединен с управляющим сигналом, включающим и выключающим нагрузку. Фиксирующий

транзистор M2 открывается, когда напряжение на нагрузке достигает приблизительно 50 В. Диод D1 служит для блокировки тока, текущего через внутренний диод транзистора M2. Стабилитрон D3 увеличивает напряжение фиксации, сокращая, таким образом, время выключения, которое определяется следующим выражением:

$$t_{OFF} = \frac{V_{SUPPL}}{V_{D3}} \frac{L_L}{R_L} .$$

Заметим, что время выключения линейно уменьшается с ростом напряжения пробоя VD3 стабилитрона D3. Это напряжение следует выбирать таким образом, чтобы исключить возможность пробоя транзисторов M1 или M2. Максимально допустимое напряжение сток-исток использованных в схеме транзисторов IRFH5406 равно 60 В. Демпфирующая цепь R4, C4 подавляет резонансные колебания контура, образованного индуктивностью нагрузки и паразитными емкостями M1 и D1. **РЛ**

## ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

### ОКО Мобайл 3G

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



### ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ “ОКО АРХИВ”

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

#### ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet  
сменный жесткий диск

#### ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet  
встроенный жесткий диск

#### ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



“Децима”

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

# Отладка систем на небольших микроконтроллерах с помощью осциллографа

Josef Valasek

EDN

При разработке систем на небольших микроконтроллерах доступные вам средства отладки программного кода могут быть очень ограниченными. В статье представлена простая отладочная программа для отображения одного двоичного байта на экране осциллографа. Программа использует один выход микроконтроллера.

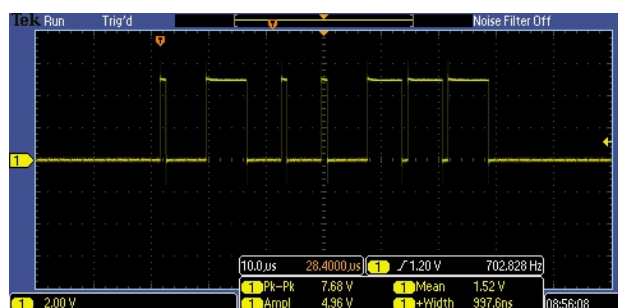


Рисунок 1. Осциллограф говорит: «01000111».

Для отображения значения байта загрузите его в аккумулятор и вызовите программу, названную **Debug**. Значение байта, преобразованное в последовательную форму, будет выведено на вывод **Test** (Рисунок 1). Первым будет выводиться старший бит. Добавление коротких разделительных импульсов между одинаковыми битами упрощает восприятие информации. При необходимости посмотреть на осциллографе более одного байта, вызовите **Debug** еще раз.

Ниже представлена версия для микроконтроллеров 8051. Программе не требуется оперативная память, и нужен единственный регистр R7. Время выполнения при стандартной для подобных контроллеров тактовой частоте 12 МГц составляет 76 мкс (включая вызов программы).

```

;*****
;*
;*      Подпрограмма:      Отладочная программа
;*
;*      Вход:             Байт данных в аккумуляторе
;*
;*      Выход:           Последовательность сигналов на выводе "Test"
;*
;*      Используются:    Аккумулятор, r7
;*
;*      Ассемблер:      KEIL, A51 MACRO ASSEMBLER
;*
;*****

Test    bit    P1.5          ; Выходной диагностический порт

        public  Debug

SGC_DEBUG    SEGMENT CODE

        RSEG   SGC_DEBUG
    
```

```

Debug:  push    psw          ; Сохранить слово состояния программы
        mov     r7,#9       ; Количество циклов
        clr    EA          ; Запретить все прерывания
        clr    c           ; Сбросить бит переноса
Loop:   rlc     a           ; Сдвиг бита данных в C
        jnc    Zero
One:    clr    Test        ; Начало вывода бита "1"
        setb   Test
        djnz  r7,Loop
Zero:   setb   Test        ; Начало вывода бита "0"
        clr    Test
        djnz  r7,Loop     ; Повторить для 9 битов
        setb   EA         ; Разрешить все прерывания
        pop    psw        ; Восстановить слово состояния программы
        ret
END

```

Ниже показана версия для микроконтроллера PIC. Программа использует два байта памяти и два регистра.

```

;*****
;*
;*      Подпрограмма:      Отладочная программа
;*
;*      Вход:             Байт данных в W
;*
;*      Выход:            Последовательность сигналов на выводе "Test"
;*
;*      Используются:     W, C, TempCtr, TempData
;*
;*      Ассемблер:       Microchip, MPASM
;*
;*****
list    p=16F505,r=dec,c=93,n=63,st=OFF
#include "p16F505.inc"

#define Test          PORTB,1 ; Диагностический порт

        global  Debug

TempCtr    equ    H'0E' ; Временный счетчик
TempData   equ    H'0F' ; Временные данные

DEBUG     CODE

Debug     movwf   TempData      ; Сохранить байт данных
        movlw   9              ; Количество циклов
        movwf   TempCtr
        bcf    STATUS,C        ; Сбросить бит переноса
Loop      rlf    TempData,F    ; Сдвиг бита данных в C
        btfss  STATUS,C
        goto   Zero
        nop

```

```

One    bcf      Test          ; Начало вывода бита "1"
       bsf      Test
       decf     TempCtr,F
       goto    Loop
Zero   bsf      Test          ; Начало вывода бита "0"
       bcf      Test
       decfsz  TempCtr,F
       goto    Loop
       retlw   0

      END

```

В качестве выхода очень удобно использовать вывод внутрисхемного программирования (ISP), поскольку это позволяет подключать щуп осциллографа непосредственно к контакту разъема. [РЛ](#)

## Ссылки

1. Peeters, Brad, PIC debugging routine reads out binary numbers, EDN, December 7, 2000, p. 196



# РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые  
тематические номера:

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

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

**приглашаем к сотрудничеству!**