




# РАДИОЛОЦМАН



НОЯБРЬ 2018 (90)



Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии 26

Простой контроллер заряда для солнечной панели 48

23 Решение для наночипов следующего поколения придет из воздуха

Тиристорный коммутатор нагрузки — двухполюсник 62



## РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

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

Официальные версии только здесь: без регистрации и назойливой рекламы, с высокой скоростью скачивания.

## РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

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

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!  
Приглашаем профессионалов.

## РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

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

Подберите оптимального поставщика  
электронных компонентов, измерительной и электронной техники.  
Цены, условия поставки и доставки.

## РАДИОЛОЦМАН.СОЦ.СЕТИ

Обновления в привычном формате.



[vk.com/rlocman](http://vk.com/rlocman)



[facebook.com/rlocman](http://facebook.com/rlocman)



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



[twitter.com/rlocman](http://twitter.com/rlocman)

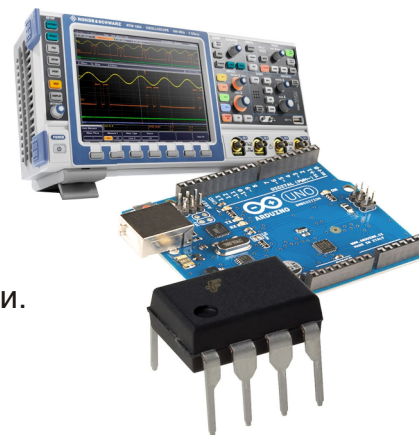


[google.com/+RlocmanRuPlus](http://google.com/+RlocmanRuPlus)

И еще многое другое на портале:

## РАДИОЛОЦМАН. ...

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



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером  
работали:

В. Колесник  
С. Муратчаев  
А. Николаев  
Н. Радунцева  
М. Русских  
А. Русу

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (903) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление  
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

## Новости

- 4 Два новых высокоточных измерителя уровня заряда компании Maxim увеличат время автономной работы мобильных и портативных устройств
- 5 Vishay выпустила новые миниатюрные инфракрасные приемные модули с повышенной чувствительностью
- 6 Infineon начинает производство простых в использовании драйверов мощных электродвигателей
- 7 STMicroelectronics предлагает новый двухканальный драйвер затворов с гальванической изоляцией и функциями защиты
- 8 Maxim выпускает многофункциональные микросхемы для управления питанием потребительских приложений следующего поколения
- 10 К семейству автомобильных усилителей мощности Toshiba добавляет новое 4-канальное устройство
- 10 Infineon выпустила интеллектуальные силовые модули для промышленных драйверов двигателей мощностью до 1.8 кВт
- 11 Семейство микромодулей питания Analog Devices пополнила 100-амперным устройством для оборудования дата-центров
- 13 Epson представляет кварцевые генераторы серии E с ультра-низким джиттером
- 13 Новый интеллектуальный ключ Infineon поддерживает технологии экономии топлива в автомобильных приложениях
- 14 В портфеле Microchip появились многоканальные низковольтные датчики температуры
- 15 Семейство ультрамаломощных МЭМС датчиков STMicroelectronics пополнилось новым 6-осевым инерциальным устройством
- 16 Изолированный приемопередатчик CAN FD компании Analog Devices сможет использоваться в сетях будущих поколений
- 17 Vishay расширяет портфель оптоэлектронных продуктов 800-вольтовыми симисторными оптронами
- 18 ROHM разработала операционные усилители с лучшими в своем классе шумовыми характеристиками
- 20 Analog Devices анонсировала LDO стабилизатор отрицательного напряжения с ультранизкими шумами
- 21 Новый прецизионный МЭМС датчик давления STMicroelectronics не нуждается в калибровке после монтажа на плату
- 22 100-вольтовые драйверы MOSFET полумостов Renesas обеспечат надежное управление гибридными силовыми агрегатами автомобилей
- 23 Решение для наночипов следующего поколения придет из воздуха

## Статьи

- 26 Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии. Часть 1
- 31 Когда земли должны быть разделенными?
- 34 Аудио- и видеоаппаратура корпорации Panasonic 1990-х годов. Часть 1
- 39 Диммирование нескольких светодиодных цепочек позволяет настраивать цвет освещения
- 44 Изоляция и защита шин интерфейсов CAN и CAN-FD

## Схемы

- 48 Простой контроллер заряда для солнечной панели
- 52 Сверхминиатюрный микромодуль регулятора с выходным током 1.2 А
- 55 Цифровые формирователи трехфазного напряжения с ШИМ-управлением
- 59 Два повышающих DC/DC преобразователя на основе маленького микроконтроллера
- 62 Тиристорный коммутатор нагрузки – двухполюсник
- 64 Использование повышающего преобразователя для автоматического снижения яркости светодиодного фонаря
- 66 Преобразователи интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой на базе нового 51-совместимого микроконтроллера EFM8UB30. Часть 3
- 72 Понижающий регулятор управляет белым светодиодом с помощью оптической обратной связи

## Два новых высокоточных измерителя уровня заряда компании Maxim увеличат время автономной работы мобильных и портативных устройств

*MAX17262 с интегрированным токоизмерительным резистором и MAX17263 со схемой управления светодиодами предоставляют точную информацию об уровне заряда аккумулятора*

Разработчики носимой электроники, электровелосипедов, электроинструментов, устройств Интернета вещей и других приложений, питающихся от литий-ионных (Li-ion) аккумуляторов, могут предоставить конечным пользователям новый уровень сервиса, продлив время автономной работы их приборов с помощью новых микросхем измерителей уровня заряда MAX17262 и MAX17263, выпущенных компанией Maxim Integrated Products. MAX17262 предназначена для точного изменения заряда одноэлементных, а MAX17263 – одно- или двухэлементных аккумуляторов. Микросхема MAX17262 потребляет всего 5.3 мкА – самый низкий ток среди интегральных приборов подобного класса. MAX17263, потребляя лишь 8.2 мкА, способна управлять группой из 3...12 светодиодов, индицирующих статус батареи или системы, что полезно для высоконадежных приложений, не имеющих дисплея.



Стремясь оправдать ожидания покупателей, разработчики устройств, работающих от небольших Li-ion аккумуляторов, стараются использовать любую возможность увеличения времени их автономной работы. Однако такие факторы, как количество произведенных циклов перезарядки, старение и температура со временем приводят к деградации характеристик Li-ion аккумуляторов. Низкая точность измерения количества заряда вынуждает разработчиков либо увеличивать емкость аккумулятора, либо преждевремен-

но отключать устройство, даже при запасе энергии, достаточном для продолжения работы. Эти неточности могут приводить к неожиданным выключениям приборов или увеличению частоты зарядки, что не может не раздражать их владельцев. Кроме того, конкуренция требует, чтобы новый продукт выводился на рынок в минимально возможные сроки. Два новых микросхемы измерителя заряда помогут разработчикам удовлетворить запросы конечных потребителей и ускорить появление их продукции на рынке.

В MAX17262 и MAX17263 традиционный подсчет кулонов сочетается с новым алгоритмом ModelGauge m5 EZ, позволяющим с высокой точностью измерять количество оставшегося заряда без необходимости оценки характеристик и калибровки аккумулятора. Благодаря низкому току, потребляемому измерителями, предотвращается потеря заряда при длительных перерывах в использовании устройства, и, тем самым, увеличивается время его автономной работы. Оба прибора совместимы со стандартом динамической оценки мощности Dynamic Power, обеспечивающим систему максимальной мощностью без риска повреждения аккумулятора. Интегрированный в MAX17262 токоизмерительный резистор заменяет более крупный дискретный компонент, способствуя снижению числа внешних элементов и размеров платы. Реализованная в MAX17263 дополнительная функция управления светодиодами, активируемая кнопкой, минимизирует расход энергии на индикацию и освобождает от выполнения этой функции микроконтроллер.

### Основные преимущества микросхем

- **Высокая точность:**

Благодаря использованию проверенного алгоритма ModelGauge m5, обе микросхемы с высокой точностью определяют время как до полного разряда (1%), так и до полного заряда аккумулятора в широком

диапазоне нагрузок и рабочих температур.

- **Быстрый выход на рынок:**

Использование алгоритма ModelGauge m5 EZ исключает трудоемкий этап измерения характеристик и калибровки аккумулятора.

- **Увеличенное время работы:**

Токи потребления, составляющие всего 5.2 мкА для MAX17262 и 15/8.2 мкА для MAX17263, увеличивают время автономной работы.

- **Высокий уровень интеграции:**

Встроенный резистор для измерения напряжения и подсчета кулонов сокращает общее количество компонентов, снижает стоимость устройства и упрощает разводку печатной платы.

- **Небольшие размеры:**

Благодаря размерам микросхемы 1.5 мм × 1.5 мм, схема на основе MAX17262 занимает на 30% меньшую площадь, чем аналогичные решения, использующие дискретные измерительные резисторы, а MAX17263 при размерах корпуса с 3 мм × 3 мм является самым миниатюрным в своем классе измерителем заряда для устройств с Li-ion аккумуляторами.

- **Поддержка светодиодов:**

Помимо измерения количества заряда одно- и многоэлементных аккумуляторов, MAX17263 поддерживает управление светодиодами, индицирующими статус батареи при нажатии кнопки или ста-

тус системы при получении команды от микроконтроллера.

## Цены и доступность

В партиях из 1000 приборов MAX17262 и MAX17263 продаются по ценам \$0.95 и \$1.49 за штуку, соответственно. Приобрести микросхемы можно на веб-сайте Maxim или у авторизованных дистрибьюторов компании.

Кроме того, доступны для приобретения по цене \$60 за плату оценочные наборы MAX17262XEVKIT# и MAX17263GEVKIT#.



Оценочный набор MAX17262XEVKIT#.

Средства поддержки включают руководство по использованию алгоритма MAX1726x ModelGauge m5 EZ, рекомендации по написанию программ и комплект драйверов для Linux.

## Vishay выпустила новые миниатюрные инфракрасные приемные модули с повышенной чувствительностью

*Новые устройства для приложений дистанционного управления с повышенной устойчивостью к оптическим и радиочастотным помехам*

Vishay Intertechnology начала продажи трех новых серий миниатюрных инфракрасных (ИК) приемных модулей для приложений дистанционного управления. Выпущенные подразделением Vishay Semiconductors приборы серий TSOP93xxx, TSOP94xxx и TSOP98xxx отличаются повышенной чувствительностью к инфракрасным сигналам, лучшим подавлением ИК шумов и высокой точностью определения ширины импульса.

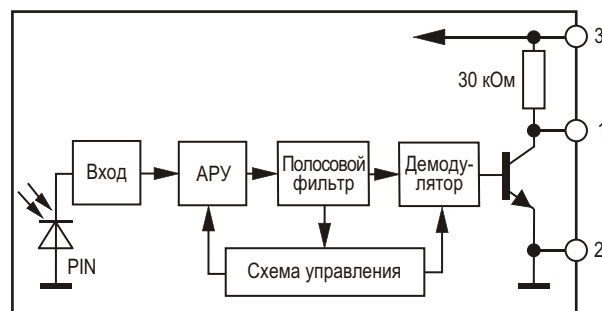
Приемники предназначены для дистанционного ИК управления телевизорами, абоне-



нтскими приставками, аудиосистемами, кондиционерами воздуха, видеопроекторами, камерами, игровыми видеоустройствами и

многим другим. Ориентируясь на эти области применения, разработчики повысили устойчивость модулей к мешающему ИК излучению таких источников, как, например, люминесцентные лампы, а также к радиочастотному излучению встроенных Wi-Fi антенн. Кроме того, в новых приборах повышена точность определения ширины импульса почти для всех видов кодов, что позволило значительно снизить вероятность битовых ошибок. Устройства нечувствительны к изменениям и пульсациям напряжения питания.

Для простоты использования приемников в них, помимо фотодетектора, интегрированы схема предварительного усилителя и ИК-фильтр. Приборы выпускаются в трехвыводных эпоксидных корпусах Minimold (TSOP93xxx), Mold (TSOP94xxx) или Minicast (TSOP98xxx). Доступны устройства с шестью несущими частотами от 30 кГц до 56 кГц и пятью вариантами схем автоматической регулировки усиления (APУ) для



Блок-схема приемного модуля.

коротких и длинных кодовых посылок. Приемники работают при напряжении питания от 2.5 В до 5.5 В, потребляют типовой ток 0.37 мА, не содержат галогенов и отвечают требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.

Доступны как единичные образцы, так и промышленные партии новых приемных ИК модулей. Срок поставки приборов составляет от четырех до шести недель.

## Infineon начинает производство простых в использовании драйверов мощных электродвигателей

Infineon Technologies начала серийное производство драйверов двигателей IFX007T семейства NovalithIC, предназначенных для промышленных приложений. Интеллектуальный полумост IFX007T, в корпусе которого интегрированы р-канальный MOSFET верхнего плеча, n-канальный MOSFET нижнего плеча и микросхема драйвера, обеспечивает простой и эффективный способ управления щеточными и бесщеточными электродвигателями. Для управления мотором дополнительно потребуется только микроконтроллер и источник питания.

Этого уникального интегрированного подхода, реализованного в семействе NovalithIC, Infineon придерживалась на протяжении многих лет. Теперь, с появлением IFX007T, опытом Infineon смогут воспользоваться все потребители. Прибор сертифицирован на соответствие стандарту JEDEC471 и может использоваться для управления моторами с напряжениями питания до 40 В и пиковыми токами до 55 А. Широкий спектр приложений драйвера включает насосы, приборы для здравоохранения, бытовую и садовую технику, а также средства промышленной автоматизации, вентиляторы и многое другое.



Главным преимуществом нового интегрального решения является простота использования. Это становится очевидным на этапе производственного процесса. Потребителям потребуется меньше усилий на разводку и изготовление платы, и при этом паразитные индуктивности будут ниже, а внешних компонентов понадобится меньше. Кроме того, для управления полным H-мостом требуется всего три вывода общего назначения микроконтроллера.

В IFX007T интегрированы цепи собственной защиты, включая защиту от перегрева кристалла и сквозных токов. В конфигурации

Н-моста каждый полумост обеспечивает логическую избыточность – если одно устройство сгорает, другое, все равно, сможет остановить двигатель.

Еще одним важным преимуществом устройства является гибкость управления двигателем. IFX007T может использоваться в полумостовой, Н-мостовой или трехфазной конфигурациях. Более того, имеется возможность управления скоростью вращения мотора с

помощью сигнала ШИМ с частотой до 25 кГц. Возможен также режим активного свободного вращения, поддерживаемый включением пассивных MOSFET верхнего или нижнего плеча, имеющих диоды свободного хода. Регулируемая скорость нарастания позволяет снижать уровни электромагнитных излучений.

## Доступность

Устройства IFX007T доступны для заказа.

## STMicroelectronics предлагает новый двухканальный драйвер затворов с гальванической изоляцией и функциями защиты

STGAP2DM стал вторым прибором в семействе изолированных драйверов затворов STGAP2, выпускаемых компанией STMicroelectronics. В микросхеме объединены низковольтные управляющие и интерфейсные схемы и два изолированных силовых канала, допускающих как однополярное, так и двуполярное управление затворами.

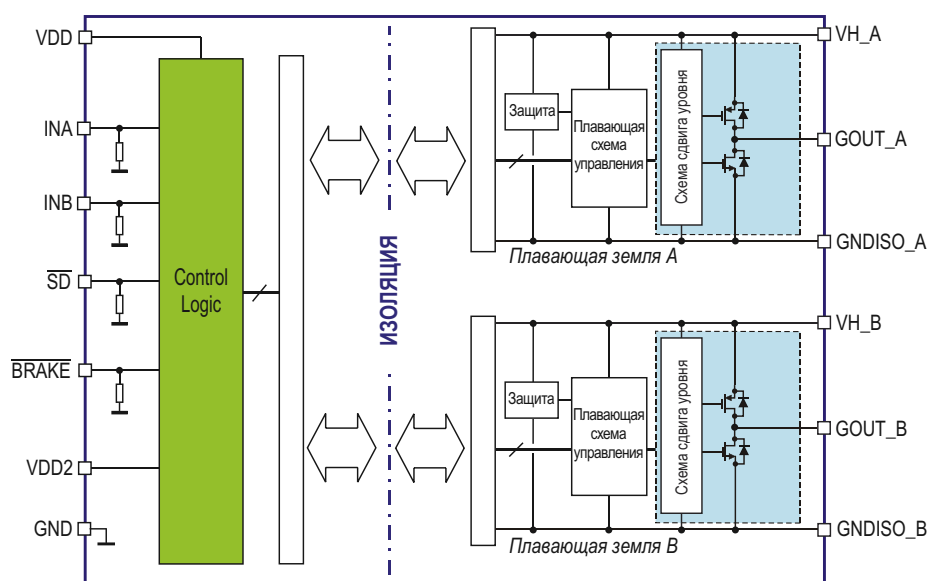
Рассчитанные на рабочее напряжение до 1700 В драйверы STGAP2DM имеют встроенный изолирующий барьер, повышающий безопасность системы, а также упрощающий разводку печатной платы и уменьшающий число необходимых компонентов. Два 26-вольтовых rail-to-rail выхода с выходными токами до 4 А обеспечивают высокие характеристики приводов промышленных электродвигателей и инверторов большой мощнос-

Galvanically isolated 4A gate driver enhances safety, simplifies design



ти. Кроме того, STGAP2DM идеально подходит для зарядных устройств аккумуляторов, сварочных аппаратов и индукционных нагревателей, а также для источников питания и преобразователей общего назначения.

Обширный набор функций безопасности, упрощающий проектирование системы и



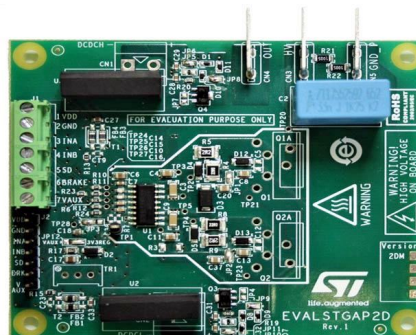
Блок-схема STGAP2DM.

повышающий ее надежность, включает специализированные выводы Shutdown (Останов) и Brake (Тормоз), блокировку при пониженном напряжении, блокировку для предотвращения одновременного включения транзисторов верхнего ключа обоих каналов и отключение при перегреве. Режим останова, включаемый напряжениями на входных выводах, позволяет пользователям экономить энергию во время выключения драйвера.

Входы, совместимые с ТТЛ/КМОП логическими уровнями 3.3 В/5 В, позволяют легко подключить управляющий контроллер, а составляющая всего 80 нс задержка прохождения сигнала от входа до выхода гарантирует высокую точность ШИМ-управления.

STAGP2DM выпускаются серийно в компактных корпусах SO-16, расположение выво-

дов которых оптимизировано для упрощения разводки печатной платы. Цена одной микросхемы в партиях из 1000 приборов начинается от \$2.17.



Демонстрационная плата EVALSTGAP2DM изолированного полумостового драйвера затвора.

## Maxim выпускает многофункциональные микросхемы для управления питанием потребительских приложений следующего поколения

*MAX77714 и MAX77752 обеспечивают полное управление питанием приложений глубокого обучения на СнК, ПЛИС и мультимедийных процессорах*

С помощью пары многофункциональных масштабируемых микросхем управления питанием, выпущенных компанией Maxim Integrated Products, разработчики мобильных систем с большой вычислительной нагрузкой теперь смогут улучшить соотношение производительности и потребляемой мощности, повысив эффективность систем глубокого обучения на СнК, ПЛИС и прикладных процессорах. MAX77714 и MAX77752 предназначены для широкого спектра приложений, от устройств дополненной/ виртуальной реальности, игровых консолей, твердотельных накопителей, систем безопасности и про-

мышленного Интернета вещей, до портативных устройств, таких как камеры и хабы для оборудования умного дома. Спроектированные для того, чтобы предоставить разработчикам множество дополнительных возможностей, включая энергопотребление, сниженное на 40% по сравнению со стандартными решениями, самые компактные на рынке микросхемы управления питанием продлевают срок службы батарей.

Стремление разработчиков к расширению круга мобильных приложений, использующих более производительные процессоры приложений и СнК, приводит к непрерывному росту вычислительных возможностей потребительской электроники. Но при этом пользователи хотели бы, чтобы их питающаяся от батарей постоянно включенная электроника всегда оставалась холодной и работала как можно дольше. Разработчики сталкиваются с проблемами обеспечения высокого КПД, высокой мощности и гибкого управления последовательностью включения при снижении цены этих компонентов и площади, занимаемой ими на печатной плате.





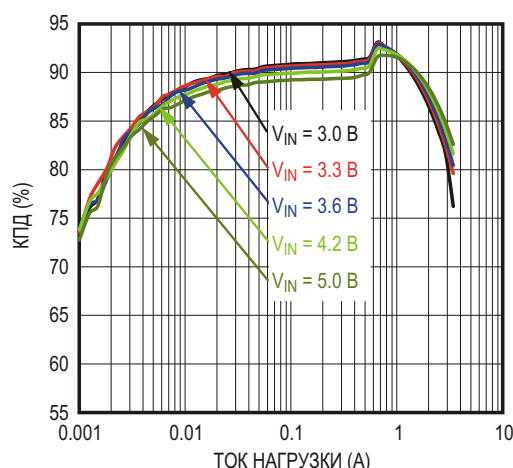
Высокоэффективные микросхемы компании Maxim предоставляют конструкторам законченные однокристальные решения для управления питанием, позволяющие процессорам приложений работать на пиковых уровнях мощности. Две микросхемы управления питанием выполняют множество различных функций, дающих разработчикам возможность сократить размеры и снизить стоимость их систем.

### MAX77714: высокоэффективная микросхема управления питанием для высокопроизводительных вычислительных приложений

Микросхема управления питанием MAX77714 является эффективным и компактным законченным решением, предназначенным для систем на основе многоядерных процессоров. При входном напряжении 3.6 В и выходном напряжении 1.2 В КПД микросхемы превышает 90%. MAX77714 в корпусе WLP размером 4.1 мм × 3.25 мм × 0.7 мм с 70 шариковыми выводами позволяет уменьшить толщину и размеры устройств и до 40% увеличить время жизни батарей по сравнению с автономными решениями. Кроме того, MAX77714 сокращает сроки разработки, а также снижает количество и стоимость компонентов. Микросхема содержит 13 регуляторов, включая 9 линейных регуляторов с низким падением напряжения, часы реального времени, устройство зарядки резервного аккумулятора, сторожевой таймер, гибкий секвенсор питания и 8 входов/выходов общего назначения.

### MAX77752: высокоэффективная компактная многоканальная микросхема управления питанием с поддержкой горячей замены

Многоканальная компактная микросхема MAX77752 предназначена для приложений с несколькими шинами питания, требующими поддержки горячей замены. При использовании устройства в схеме преобразователя входного напряжения 3.6 В в напряжение 1.8 В КПД достигает 90%. В микросхему встроена гибкая схема управления для аппаратного или программного контроля очередности включения напряжений. Микросхема содержит три понижающих регулятора (с высокоточными компараторами контроля провалов напряжения), один линейный регулятор с низким падением напряжения, два спе-



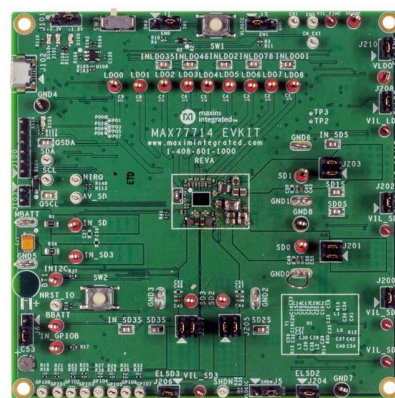
Зависимость КПД MAX77714 от тока нагрузки при выходном напряжении 1.5 В (для канала SD1).

циализированных контроллера переключателей нагрузки, один ограничитель пускового тока, две схемы управления внешними регуляторами напряжения, монитор напряжения для управления резервированием питания и специализированные цифровые выходы для логического управления. MAX77752 выпускается в 40-выводном корпусе TQFN с размерами 5 мм × 5 мм × 0.8 мм и расстоянием между контактами 0.4 мм.

### Доступность и цена

В партиях из 1000 приборов одна микросхема MAX77714 продается за \$2.75, а MAX77752 – за \$1.40. Оба устройства можно приобрести на веб-сайте Maxim или у авторизованных дистрибьюторов компании.

Также доступны для приобретения оценочные наборы MAX77714EVKIT# и MAX77752EVKIT#, предлагаемые по ценам \$80 и \$100, соответственно.



Оценочный набор MAX77714EVKIT#.

## К семейству автомобильных усилителей мощности Toshiba добавляет новое 4-канальное устройство

*Высокоэффективное решение с выходной мощностью 45 Вт*

Toshiba Electronics Europe сообщила о подготовке к серийному производству нового высокоэффективного 4-канального линейного усилителя мощности для автомобильных аудио приложений, требующих высокого качества акустических и электрических характеристик.



TCB702FNG может использоваться в усилителях мощности или линейных выходных усилителях с максимальной мощностью 45 Вт на нагрузке 4 Ом. Высокая достоверность звука достигнута благодаря низким общим гармоническим искажениям, составляющим всего 0.02%, и уровню выходных шумов менее 60 мкВ с.к.з. Новый усилитель в 36-выводном корпусе HSSOP полностью совместим по выводам с ранее выпущенным Toshiba 50-ваттным усилителем TCB701FNG.

Разрабатывая TCB701FNG, Toshiba смогла усовершенствовать технологию изготовления и схемотехнику устройства, реализовав уровни КПД, соизмеримые с КПД цифровых усилителей класса D в фактическом диапазоне выходных мощностей от 0.5 Вт до 4 Вт. В результате мощность, потребляемая новым устройством, снизилась на 80% по сравнению с типичными усилителями класса AB.

В TCB701FNG включены управляемые через интерфейс I<sup>2</sup>C функции самодиагностики позволяющие выявлять такие ошибки, как перекрестное соединение выходов. Кроме того, усилитель выполняет непрерывное слежение за смещением уровней постоянного напряжения на всех выходах, чтобы быстро обнаруживать аномальные режимы и предотвращать повреждение динамиков. Усилитель защищен также от повышенного и пониженного напряжения питания.

Поддержка работы при 6 В делает усилитель TCB702FNG совместимым с транспортными средствами, оборудованными стартовой системой, а также обеспечивает подавление щелчков звука при флуктуациях напряжения питания.

В настоящее время потребителям доступны единичные образцы новых приборов. Массовое производство усилителей будет развернуто в первом квартале 2019 года.

## Infineon выпустила интеллектуальные силовые модули для промышленных драйверов двигателей мощностью до 1.8 кВт

Infineon Technologies расширила семейство интеллектуальных силовых модулей CIPOS Max1, добавив к нему серию приборов IM818, объединяющих различные коммутирующие и управляющие компоненты для увеличения надежности, оптимизации размеров печатной платы и снижения стоимости. Модули поставляются в корпусах DIP 36x23D. Это делает новые приборы самыми миниатюрными 1200-вольтовыми интеллектуальными силовыми модулями с наивысшей плотностью мощности и наилучшими

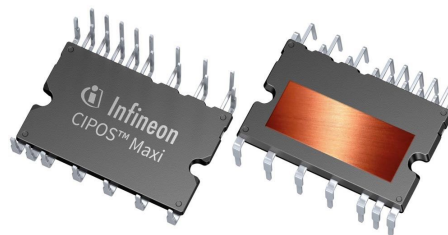


характеристиками среди приборов своего класса. CIPOS Max1 особенно подходят для маломощных драйверов в таких приложениях, как двигатели, насосы, вентиляторы и активные корректоры коэффициента мощ-

ности в системах для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

IM818 выпускаются в корпусах с двухрядным расположением выводов с отличными тепловыми характеристиками и высоким напряжением изоляции. Приборы отвечают требованиям стандартов, регламентирующих уровни электромагнитных излучений, и защищены от перегрузки по току. Дополнительным элементом защиты служит встроенный термистор, имеющий сертификат пожарной безопасности UL. В CIPOS Maxi интегрированы шесть высоконадежных драйверов затворов, изготовленных по технологии КНД (кремний на диэлектрике) и защищенных от бросков тока встроенными цепями управления мертвым временем. Кроме того, все каналы модулей содержат цепи блокировки при пониженном напряжении и отключения при превышении порогового уровня выходного тока. Наличие многофункциональных выво-

дов позволяет гибко настраивать конфигурацию модулей для различных приложений. Доступность выводов эмиттеров выходных IGBT драйверов дает возможность легко контролировать токи всех фаз.

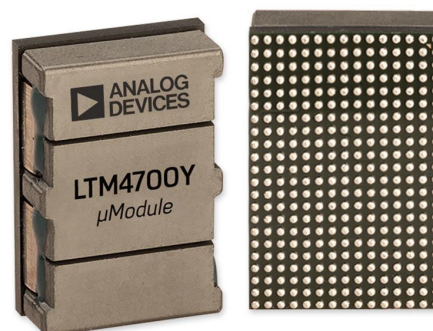


### Доступность

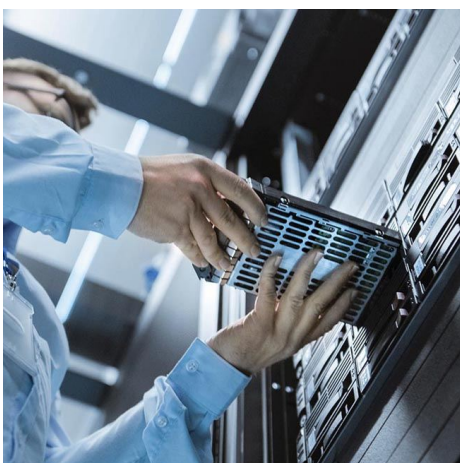
В настоящее время в семейство CIPOS Maxi входят 5-амперные модули IM818-SCC и 10-амперные IM818-MCC, рассчитанные на максимальную мощность нагрузки 1.8 кВт. Приборы серии IM818 доступны для заказа.

## Семейство микромодулей питания Analog Devices пополнила 100-амперным устройством для оборудования дата-центров

Analog Devices расширила семейство микромодулей регуляторов Power by Linear, выпустив новый мощный понижающий DC/DC преобразователь LTM4700, который сочетает в себе наивысшую в своем классе мощность с характеристиками энергоэффективности, необходимыми для снижения требований к охлаждению инфраструктуры дата-центров. В новом микромодуле, который может быть сконфигурирован как два 50-амперных или один 100-амперный регулятор, использована инновационная технология корпусирования, позволяющая увели-



чить плотность компоновки серверного оборудования, а также повысить пропускную способность и вычислительную мощность дата-центров с минимальным влиянием на размеры системы и стоимость охлаждения. Высокоинтегрированная конструкция микромодуля LTM4700, включающая память, схемы преобразования данных и цифровой интерфейс, сокращает размеры решения примерно вдвое по сравнению с конкурирующими устройствами. Перечень приложений нового модуля охватывает облачные и высокоскоростные вычисления, инфраструктуру связи и платы PCIe, а также медицинское, промышленное и контрольно-измерительное оборудование.

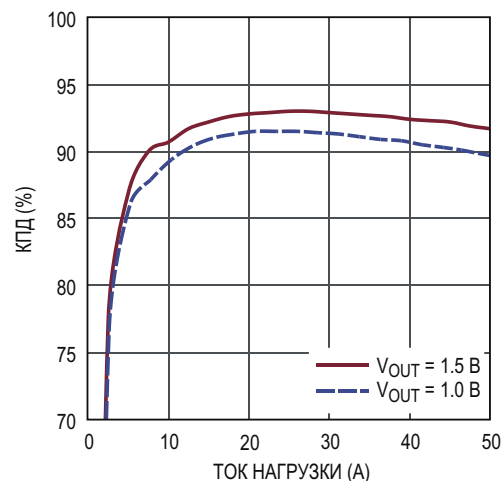


Благодаря инновационной конструкции корпуса, совмещенного с теплоотводом, LTM4700 работает при температуре 73 °С, в то время как конкурирующие устройства нагреваются до типичной температуры 90 °С. При входном напряжении 12 В, выходном напряжении 0.8 В, токе нагрузки 100 А и обдуве воздухом со скоростью потока 200 футов в минуту LTM4700 может работать при температуре окружающей среды до 70 °С. Пиковая эффективность преобразователя при этих условиях достигает 90%. Архитектура микро модуля позволяет объединять до восьми устройств, чтобы, отдавая в нагрузку ток до 800 А, обеспечивать все возрастающую потребность в энергии современных процессоров дата-центров, включая ПЛИС, специализированные микросхемы, графические процессоры и микроконтроллеры.

LTM4700 работает при входных напряжениях от 4.5 В до 16 В, стабилизируя выходные напряжения от 0.5 В до 1.8 В, устанавливаемые через цифровой интерфейс. Интегрированные аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и EEPROM позволяют пользователям с помощью совместимого с I<sup>2</sup>C интерфейса PMBus осуществлять цифровой контроль, регистрацию и управление параметрами системы. Для чувствительных к шумам приложений частота переключения в диапазоне от 200 кГц до 1 МГц может синхронизироваться с внешним источником. LTM4700 имеет функции собственной защиты и защиты нагрузки, в частности, от повышенного и пониженного напряжения, перегрузки по току и перегрева.

### Микро модули регуляторов, разработанные для решения энергетических проблем отрасли

Выпускаемые Analog Devices микро модули регуляторов помогают решать проблемы отрасли, связанные с недостаточным опытом разработчиков источников питания, необходимостью уменьшения площади печатной платы, сложностью теплового проектирования и возрастающим давлением конкурентного рынка. Микро модули Analog Devices являются законченными компонентами-в корпусе для решений управления питанием с интегрированными DC/DC контроллерами, мощными транзисторами, входными и выходными конденсаторами, элементами частотной коррекции и дросселями, размещаемыми в компактных корпусах для поверхностного монтажа BGA или LGA. Микро модули питания могут поддерживать функции понижающего и понижающе-повышающего



Зависимость КПД от тока нагрузки при входном напряжении 12 В.

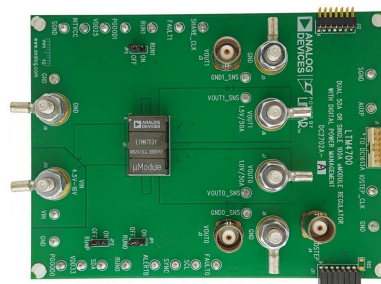
регулятора, зарядного устройства аккумуляторов, изолированного преобразователя и драйвера светодиодов.

### Сводка основных характеристик LTM4700

- Два выхода по 50 А или один выход 100 А с цифровой установкой напряжений и цифровым интерфейсом для управления, частотной коррекции и мониторинга;
- Широкий диапазон входных напряжений от 4.5 В до 16 В;
- Диапазон выходных напряжений от 0.5 В до 1.8 В;
- КПД около 90% при входном напряжении 12 В, выходном напряжении 1 В и полной нагрузке 100 А;
- Максимальная ошибка выходного напряжения ±0.5% в полном диапазоне температур.

### Цена и доступность

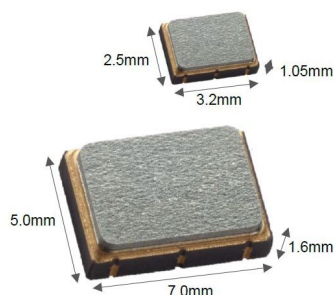
Модули выпускаются серийно в 330-контактных корпусах BGA с размерами 15 мм × 22 мм × 7.87 мм. В партиях из 1000 приборов цена одного модуля начинается от \$97.26.



Демонстрационная схема DC2702A-A двухканального преобразователя на основе модуля LTM4700.

## Еpson представляет кварцевые генераторы серии Е с ультранизким джиттером

Еpson Europe Electronics представила новые кварцевые генераторы серии Е. Новые генераторы, предназначенные для высокоэффективных сетевых приложений, охватывают частотный диапазон от 25 МГц до 200 МГц, обеспечивая ультранизкий джиттер и, соответственно, «широко открытые» глазковые диаграммы для высокоскоростных (до 400 Гбит/с) оптических и электрических интерфейсов.



Благодаря интеграции LDO регулятора и использованию разработанной Еpson технологии изготовления высокочастотных кварцевых резонаторов, работающих на фундаментальной гармонике, удалось достичь лучшего в отрасли значения джиттера 50 фс с.к.з. на частоте 156.25 МГц при низкой потребляемой мощности и напряжении питания 2.5 В или 3.3 В.

Высокая стабильность ( $\pm 25$  ppm в диапазоне от  $-40^\circ\text{C}$  до  $+85^\circ\text{C}$ ,  $\pm 50$  ppm или  $\pm 100$  ppm в диапазоне от  $-40^\circ\text{C}$  до  $+105^\circ\text{C}$ ) гарантирует хороший запас параметров и возможность эксплуатации оборудования в широком температурном диапазоне без подогрева на улице и без вентиляторов в помещении. Помимо генератора в стандартном для отрасли корпусе 7.0 мм  $\times$  5.0 мм, для особо плотных конструкций предлагается версия в крошечном корпусе размером 3.2 мм  $\times$  2.5 мм.

### Основные характеристики

- Ультранизкий джиттер: 50 фс с.к.з. в полосе от 12 кГц до 20 МГц на частоте 156.25 МГц;
- Высокая стабильность:
  - в диапазоне температур от  $-40^\circ\text{C}$  до  $+85^\circ\text{C}$ :  $\pm 50$  ppm,
  - в диапазоне температур от  $-40^\circ\text{C}$  до  $+105^\circ\text{C}$ :  $\pm 50$  ppm или  $\pm 100$  ppm;
- Расширенный диапазон рабочих температур;
- Выпускаются в корпусах двух типов: стандартном (7.0 мм  $\times$  5.0 мм) и миниатюрном (3.2 мм  $\times$  2.5 мм);
- Низкое потребление мощности;
- Доступны версии с выходами LVPECL или LVDS.

## Новый интеллектуальный ключ Infineon поддерживает технологии экономии топлива в автомобильных приложениях

Ужесточающиеся требования к уровню выбросов транспортных средств заставляют производителей повышать эффективность двигателей внутреннего сгорания. Infineon Technologies начинает производство нового прибора из семейства многоканальных ключей нижнего плеча FLEX, который поможет сократить потребление топлива, и таким образом снизить выбросы CO<sub>2</sub>. TLE9104SH – это первый интеллектуальный четырехканальный ключ нижнего плеча, предназначенный для коммутации токов до 5 А в 12-вольтовых системах. TLE9104SH позволяет управлять такими исполнительными устройствами, как прецизионные инжекторы топлива, мощные

клапаны или сильноточные реле в системах контроля и управления двигателем, трансмиссией и аккумуляторной батареей.



По совокупности уровней тока, мощности и размеров корпуса TLE9104SH превосходит все аналогичные продукты, предлагаемые сегодня на рынке. Новый прибор, имеющий при температуре 150 °С сопротивления открытых ключей 300 мОм, выпускается в новом, оптимизированном по цене и размерам корпусе DSO-20 (PG-DSO-20-88) площадью около 80 мм<sup>2</sup>.

Для управления и диагностики устройство снабжено 16-битным последовательным интерфейсом SPI. Все каналы защищены от повышенных токов и перегрева, а для управления индуктивными нагрузками в них встроены активные ограничители тока. Интерфейс SPI дает доступ к статусу нагрузки, позволяя диагностировать такие состояния, как замыкание на землю, обрыв и замыкание на аккумулятор. Для прямого управления ключами предусмотрены четыре входных вывода.

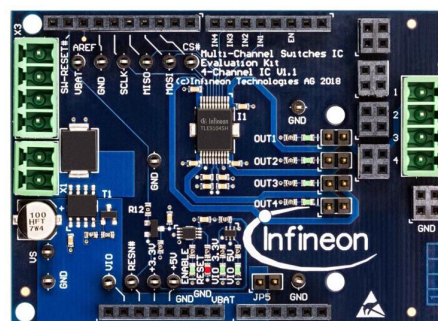
Функции безопасности включают дополнительный вывод разрешения выхода, сторожевой таймер интерфейса SPI и статус выходного каскада, который может быть прочитан через SPI. Это делает новый ключ идеальным прибором для критически важных автомобильных и промышленных приложений.

Для поддержки разработчиков Infineon выпустила оценочную плату (шилд) в форм-

факторе Arduino с интеллектуальным ключом TLE9104SH. С помощью дополнительной платы Multichannel Connection (версии L) шилд TLE9104SH легко и удобно использовать совместно с загрузочным комплектом XMC1100 (версии S) или с оценочной платой AURIX TC277 (TriBoard).

## Доступность

Микросхемы TLE9104SH освоены в массовом производстве. Единичные образцы приборов можно заказать через дистрибьюторов Infineon. На веб-сайте компании доступны для загрузки программы, руководства пользователя, указания по применению и другая полезная информация.



Оценочная плата для микросхемы TLE9104SH.

## В портфеле Microchip появились многоканальные низковольтные датчики температуры

*Первые в отрасли датчики, измеряющие скорость изменения температуры*

Измерение температуры занимает центральное место в списке функций приборов Интернета вещей и персональных вычислительных устройств, поэтому разработчикам крайне необходимы датчики температуры, уменьшающие потребление энергии и работающие при пониженных напряжениях питания. Чтобы удовлетворить эти потребности, Microchip Technology анонсировала пять новых датчиков температуры с напряжением питания 1.8 В, включая самые миниатюрные в отрасли пятиканальные приборы со стандартным расстоянием между выводами. В датчики семейства EMC181x впервые добавлена функция передачи информации о скорости изменения температуры, дающая заблаговременное предупреждение о колебаниях температуры системы.



Возможность контроля температуры в нескольких точках с помощью одного интегрированного датчика упрощает процесс конструирования и уменьшает площадь печатной платы. Семейство датчиков температуры EMC181x с числом каналов от двух до

пяти отвечает различным потребностям разработчиков. Датчики идеально подходят для перевода с напряжений 3.3 В на более низковольтные шины таких систем, как приложения IoT с батарейным питанием, персональные вычислительные устройства, ПЛИС и графические процессоры. Кроме того, по набору регистров и напряжению семейство EMC181x совместимо с выпускаемыми Microchip популярными 3.3-вольтовыми датчиками температуры EMC14xx, делая переход на 1.8 В не только возможным, но и простым. Трехканальный датчик в 8-выводном корпусе размером 2 мм × 2 мм и пятиканальный в 10-выводном корпусе 2 мм × 2.5 мм могут сократить количество устройств, необходимых для дистанционного контроля температуры.

Благодаря возможности измерения скорости изменения температуры, устройства EMC181x являются первыми в отрасли датчиками, поддерживающими двумерное измерение этого параметра. Дополнение информации о текущей температуре системы уведомлениями о скорости ее изменения может способствовать лучшему управлению приложением. Датчики идеально подходят для замкнутых систем регулирования с низкими напряжениями питания, обеспечивая раннее уведомление о повышении или понижении температуры для защиты от возможного сбоя системы.

При напряжении питания 1.8 В семейство многоканальных датчиков EMC181x совместимо со всеми низковольтными малопотребляющими микроконтроллерами Microchip.

### Инструменты разработки

Оценочная плата ADM00773 содержит все необходимое для демонстрации возможнос-

тей трехканального двухпроводного датчика температуры EMC1833, питающегося от источника 1.8 В, а также дает представление о функционировании других членов семейства EMC181x. Она облегчает понимание программируемых функций, таких как скорость изменения, пределы сигналов предупреждения о выходе температуры за допустимые границы и коррекция ошибок сопротивления, и, кроме того, обеспечивает возможность внешних температурных измерений и регистрации данных. Оценочная плата, поставляемая в комплекте с графическим интерфейсом пользователя Thermal Management, подключается к персональному компьютеру через интерфейсную плату USB.



Оценочная плата выносного датчика температуры на микросхеме EMC1833 (ADM00773).

### Цена и доступность

В семейство EMC181x входит пять устройств, единичные образцы и промышленные партии любого из которых можно купить уже сегодня. Цены начинаются \$0.44 за штуку для двухканального датчика EMC1812T при объеме заказа 10,000 устройств.

Приобрести новые микросхемы можно на закупочном портале Microchip или у одного из авторизованных дистрибьюторов компании.

## Семейство ультрамаломощных МЭМС датчиков STMicroelectronics пополнилось новым 6-осевым инерциальным устройством

Шестиосевое инерциальное измерительное устройство ISM330DLC компании STMicroelectronics расширяет семейство ультрамаломощных МЭМС датчиков для промышленных приложений, высокая точность и надежность которых сочетаются с долговременной доступностью, гарантируемой программой поддержки потребителей,

согласно которой STMicroelectronics обязуется сохранять производство приборов на протяжении, как минимум, 10 лет.

В корпусе ISM330DLC объединены 3-осевой акселерометр и 3-осевой гироскоп, шкалы которых могут выбираться пользователем до максимальных значений  $\pm 16$  g и  $\pm 2000$  °/с, соответственно. Для продления

## Ultra-low-power 6-axis industrial-grade IMU



времени работы промышленных систем, питающихся от батарей, в устройство заложены интеллектуальные функции экономии энергии. Новый прибор идеально подходит для систем промышленного Интернета вещей, роботов, дронов, стабилизированных платформ и телематики, а широкая полоса измерения ускорений, достигающая 3 кГц, дополнительно позволяет использовать его в системах контроля и компенсации вибраций.

В нормальном комбинированном режиме работы ISM330DLC потребляет всего 0.5 мА, а в расширенном режиме – 0.75 мА. Кроме того, благодаря наличию интегрированного буфера FIFO, с помощью которого хост-система может эффективно извлекать данные измерений, а также интеллектуальным функциям и прерываниям, включающим

обнаружение наклона, свободного падения, щелчка и двойного щелчка, ISM330DLC позволяет создавать энергоэффективные приложения. Помимо этого, для сбора информации с дополнительных внешних датчиков в прибор заложены функции узлового концентратора.

Кроме того, рассчитанное на работу в промышленном оборудовании устройство содержит специализированную цепь обработки сигнала с низкой задержкой и низкими шумами, а также фильтры, оптимизированные для поддержания устойчивости контура регулирования. Путь прохождения сигнала может независимо конфигурироваться, чтобы сделать данные гироскопа или акселерометра доступными через вспомогательный интерфейс SPI.

Высокоточное, стабильное и надежное многофункциональное устройство ISM330DLC содержит также датчик температуры и встроенные схемы самодиагностики, как для гироскопа, так и для акселерометра.

Система в корпусе ISM330DLC выпускается серийно в 14-выводном корпусе LGA с размерами 2.5 мм × 3 мм × 0.83 мм. В партиях из 1000 приборов цена одного устройства начинается от \$2.90.

## Изолированный приемопередатчик CAN FD компании Analog Devices сможет использоваться в сетях будущих поколений

Отвечая на потребность в увеличении скорости, функциональности, качества изоляции и производительности оборудования автоматизации зданий, энергетических сис-



тем и специализированных сетей, Analog Devices объявила о расширении продуктовой линейки приемопередатчиков для сетей CAN FD. Микросхема серии ADM3055E с цифровой гальванической изоляцией *iCoupler* не только поддерживает стандартную для отрасли скорость 5 Мбит/с, но и намного превосходит требования стандарта, позволяя следующим поколениям оборудования работать на скорости до 12 Мбит/с при сохранении полной обратной совместимости с существующими устройствами CAN и CAN FD. Усиленная изоляция ADM3055E и усовершенствованный изолированный DC/DC преобразователь *isoPower* с низким уровнем излучаемых помех, а также повышенный уровень надежности упрощают проектирование и сокращают время вывода на рынок полностью изолированных узлов CAN.



Благодаря низким задержкам в шлейфе (не более 150 нс) и расширенному диапазону синфазных напряжений, разработчики, использующие приемопередатчики следующего поколения ADM3055E, смогут увеличить как скорости передачи данных, так и длину кабелей интерфейса CAN FD. Встроенный изолированный DC/DC преобразователь устраняет необходимость в отдельном источнике питания для изолированной стороны шины. Такое сочетание высокого уровня интеграции, простоты сертификации на соответствие требованиям стандартов электромагнитной совместимости и устойчивости к электростатическим разрядам и наличия внутреннего изолированного источника питания позволяет свести к минимуму затраты на разработку, а также уменьшить площадь печатной платы и общие размеры устройства, избегая при этом ограничений, присущих существующим изолированным приборам и решениям. В ближайшее время будут доступны версии с более низкими напряжениями изоляции.

### Основные характеристики ADM3055E

- При размещении на двусторонней печатной плате уровень излучаемых помех соответствует нормам Класса В стандарта EN 55022/CISPR 22;
- Устойчивость к электростатическим разрядам согласно Уровню 4 стандарта

IEC61000-4-2 ( $\pm 8$  кВ при контактном разряде,  $\pm 15$  кВ при разряде через воздушный промежуток);

- Защита выводов интерфейса CAN от напряжений до  $\pm 40$  В;
- Диапазон синфазных напряжений  $\pm 25$  В;
- Напряжение питания логической стороны 5 В, напряжения питания изолированной стороны 1.8 В, 2.5 В, 3.3 В и 5.0 В.

### Цены и доступность

Продукт	isoPower	Напряжение изоляции	Цена в партии из 1,000 шт.	Корпус
ADM3055E	Есть	5 кВ	\$5.95	SOIC_IC 20 выв.
ADM3056E	Нет	5.7 кВ	\$2.55	SOIC_IC 16 выв.
ADM3050E	Нет	5.7 кВ	\$2.25	SOIC_W 16 выв.



Оценочный набор EVAL-ADM3055E.

## Vishay расширяет портфель оптоэлектронных продуктов 800-вольтовыми симисторными оптронами

*Симисторные оптроны с критической скоростью нарастания 1000 В/мкс для бытовой техники и промышленного оборудования в плоских корпусах SOP-4*

Vishay Intertechnology расширила свой портфель оптоэлектронных продуктов, добавив в него новые оптроны с симисторными



выходами в компактных корпусах SOP-4. Выпускаемые подразделением Vishay Semiconductors приборы VOT8024AM и VOT8121AM, рассчитанные на максимальное напряжение в закрытом состоянии 800 В со скоростью нарастания до 1000 В/мкс, обеспечивают высокую надежность и помехозащищенность для бытовой техники и промышленного оборудования.

Анонсированные оптроны предназначены для изоляции низковольтных логических цепей от сетевого переменного напряжения 120 В, 240 В и 380 В в схемах управления резистивными, индуктивными и емкостными

нагрузками, включая моторы, соленоиды, силовоточные тиристоры или симисторы и реле. Устройства состоят из GaAs инфракрасного светодиода, оптически связанного либо симистором, имеющим цепь определения перехода переменного напряжения через нуль (VOT8024AM) и не требующим использования внешних снабберных цепей для ослабления помех, либо с симистором, переключающимся в произвольной фазе (VOT8121AM).

Высокое напряжение, которое выдерживают приборы VOT8024AM и VOT8121AM в закрытом состоянии, повышает надежность однофазных приложений, сохраняя при этом достаточный запас напряжения для трехфазных приложений. Дополнительный вклад в надежность вносит высокое напряжение изоляции, составляющее 3750 В с.к.з. Низкие

токи включения, составляющие 5 мА для VOT8024AM и 10 мА для VOT8121AM, упрощают реализацию интерфейса с цифровой логикой.

Типичные области использования новых оптосимисторов, не содержащих вредных веществ, входящих в список RoHS, включают драйверы мощных симисторов в твердотельных реле, кондиционеры воздуха, питающиеся от трехфазной сети, водонагреватели, термостаты и приводы промышленных моторов, а также схемы управления электродвигателями, лампами и клапанами в бытовой технике.

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии оптоизоляторов VOT8024AM и VOT8121AM. Срок поставки приборов составляет от шести до восьми недель.

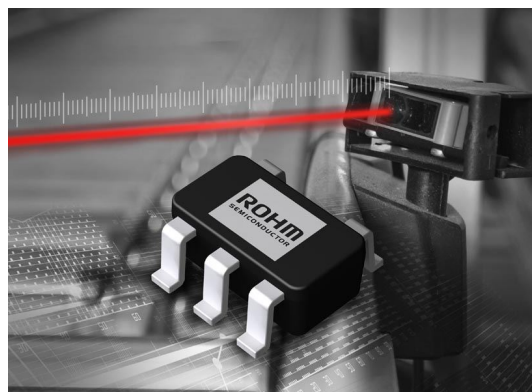
## ROHM разработала операционные усилители с лучшими в своем классе шумовыми характеристиками

*Новые ОУ идеально подходят для высокоточных промышленных приложений, включая ультразвуковые дальнометры и оптические датчики*

ROHM объявила о начале производства новых КМОП операционных усилителей (ОУ) с наименьшим в отрасли уровнем шумов, оптимизированных для промышленных приложений, требующих высокоточных измерений, таких как акселерометры, используемые в приборах эхолокации, и оптические датчики, обрабатывающие сверхслабые сигналы.

В последние годы, помимо устройств IoT, датчики все шире применяются в других приложениях, от портативных и автомобильных систем до промышленного оборудования, расширяя их функциональность и возможности управления. Используемые для обнаружения и преобразования широкого спектра физических величин в электрические сигналы, датчики должны обеспечивать высокую точность измерений, но в то же время, для снижения энергопотребления напряжение питания их периферийных схем должно быть как можно более низким.

ОУ устанавливаются после датчиков для усиления их выходных аналоговых сигналов, но очень низкий уровень этих сигналов требует принятия специальных мер для снижения



шумов. Это побудило ROHM разработать малозумящие операционные усилители для автомобильного рынка, используя вертикально интегрированную систему производства, основанную на оригинальных схемных решениях и технологических процессах. ROHM представила операционный усилитель с наилучшей в отрасли устойчивостью к внешним помехам, оптимизированный для потребительских устройств и промышленного оборудования.

LMR1802G-LB создавался с использованием лидирующей на рынке аналоговой тех-

нологии, охватывающей как схемотехнические решения, так и производственные процессы, благодаря чему приведенная к входу плотность напряжения шумов была снижена вдвое по сравнению с обычными ОУ, и составила 2.9 нВ/ Гц на частоте 1 кГц и 7.8 нВ/ Гц на частоте 10 Гц, что значительно повысит точность преобразования сигналов датчиков. Кроме того, лучшие в своем классе значения запаса по фазе (68°) и допустимой емкости нагрузки (500 пФ) гарантируют отличную устойчивость, упрощая использование ОУ. Это позволяет точно усиливать напряжения порядка единиц микровольт, обеспечивая поддержку промышленных и потребительских приложений, требующих высокоточных измерений.

## Ключевые особенности ОУ LMR1802G-LB

### 1. Простота использования при лучших в отрасли шумовых характеристиках

В новых продуктах ROHM используется непревзойденная технология, объединяющая аналоговую схемотехнику (новая конфигурация дифференциального входного каскада), топологию (успешно развивающуюся на протяжении многих лет) и производственный процесс (оптимизированный для минимизации шумов), что позволило получить исключительные шумовые характеристики. Приведенная к входу спектральная плотность шумов новых ОУ равна 2.9 нВ/ Гц на частоте 1 кГц и 7.8 нВ/ Гц на частоте 10 Гц, что примерно вдвое меньше, чем у других продуктов, предлагаемых на рынке.

Кроме того, до сих пор при решении задачи снижения шумов ОУ разработчики сталкивались с такими проблемами, как плохой запас по фазе, недостаточная емкость нагрузки и самовозбуждение, что существенно усложняло конструирование схемы. Использование новой схемы входного дифференциального каскада позволило ROHM достичь самого низкого в отрасли уровня шума, наряду с лучшим в своем классе запасом по фазе 68° и большой допустимой емкостью нагрузки 500 пФ.

По сравнению с традиционными решениями это удвоило обнаружительную способность датчиков, позволив усиливать

напряжения порядка единиц микровольт и повысить точность измерений.

### 2. Минимизация напряжения смещения и входных токов

При входном напряжении, равном нулю, напряжение на выходе операционного усилителя должно быть также равно нулю, однако напряжение смещения часто приводит к появлению ошибки. Кроме того, при высоком выходном сопротивлении датчика на выходное напряжение будет влиять входной ток ОУ, если его значение велико. Следовательно, для обеспечения оптимальных характеристик усилителя эти два фактора ошибки должны быть сделаны как можно меньше.

Напряжение смещения ОУ LMR1802G-LB равно 450 мкВ, а входной ток – всего 0.5 пА, что, соответственно, в 4 и 2 раза меньше чем у существующих продуктов.

В настоящее время потребителям доступны как единичные образцы, так и промышленные партии новых операционных усилителей.

### Области применения

- Ультразвуковые и оптические дальнометры;
- Системы безопасности, ИК пульта дистанционного управления, приборы ночного видения, а также другое оборудование, использующее инфракрасные датчики;
- Высокоточные устройства, например, приводы жестких дисков;
- Системы управления оборудованием, включая расходомеры и газоанализаторы.
- Другие промышленные и потребительские устройства, использующие высокоточные датчики.

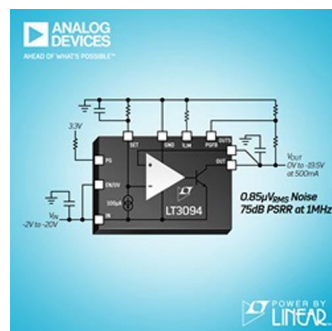
### Технические характеристики

- Количество ОУ: 1;
- Напряжение питания: 2.5 В ... 5.5 В;
- Напряжение смещения: ±450 мкВ;
- Входной ток: 0.5 пА;
- Спектральная плотность шумов:
  - 2.9 нВ/ Гц (1 кГц),
  - 7.8 нВ/ Гц (10 Гц);
- Диапазон рабочих температур: –40 °С ... 125 °С;
- Корпус: SSOP5 2.9 мм × 2.8 мм × 1.25 мм.

## Аналог Devices анонсировала LDO стабилизатор отрицательного напряжения с ультранизкими шумами

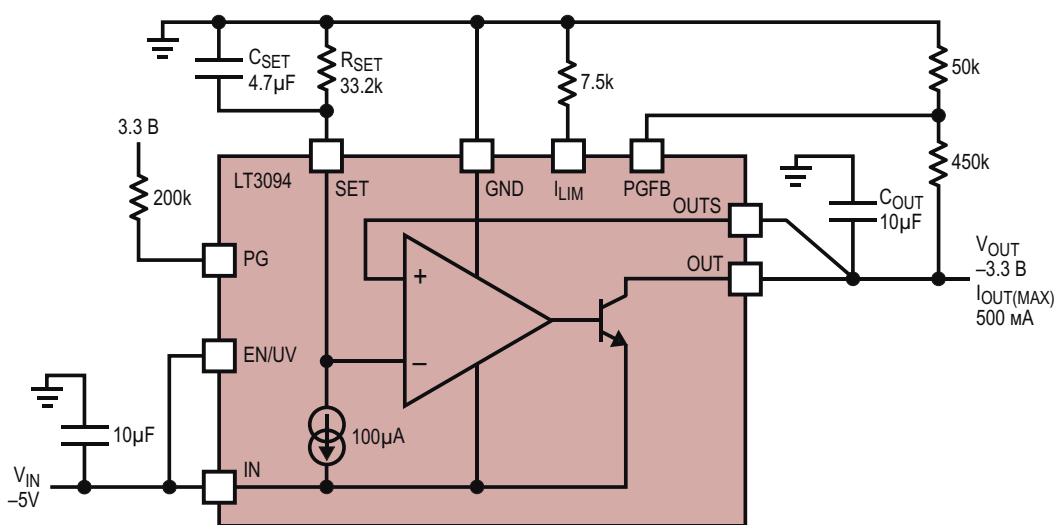
Аналог Devices анонсировала ультрамалошумящий LDO стабилизатор отрицательного напряжения Power by Linear LT3094 со сверхвысоким коэффициентом подавления пульсаций питания (PSRR) и выходным током 500 мА, предназначенный для приложений, требующих наивысших шумовых характеристик. При лучшем в отрасли уровне суммарного выходного шума (0.8 мкВ с.к.з. в полосе от 10 Гц до 100 кГц) микросхема обеспечивает идеальные условия для прецизионных измерений низкоуровневых сигналов. Очень низкий точечный шум LT3094 (2 нВ/ Гц на частоте 10 кГц) минимизирует фазовые шумы при питании чувствительных коммуникационных схем. Стабилизатор имеет исключительно высокий PSRR в широком диапазоне частот, превышающий 100 дБ вблизи 4 кГц и 70 дБ на частоте 2 МГц. При использовании LT3094 в качестве пострегулятора для импульсных источников питания высокий PSRR микросхемы значительно снижает пульсации и шумы.

В LT3094 используется запатентованная архитектура, основу которой составляют прецизионный источник тока и последующий высококачественный буфер с единичным усилением, что позволяет получить практически постоянные характеристики шумов, PSRR и коэффициента стабилизации, независимые от выходного напряжения. Эта архитектура допускает простое параллельное включение нескольких LT3094 для увеличения выходного



тока, перераспределения тепла на печатной плате и снижения выходных шумов. Кроме того, архитектура позволяет установить выходное напряжение равным нулю.

При максимальном выходном токе 500 мА типовое падение напряжения на LT3094 составляет 235 мВ. Стабилизатор может работать при входных напряжениях от -2 В до -20 В, стабилизируя выходное напряжение от 0 В до -19.5 В с точностью не хуже  $\pm 2\%$  во всем диапазоне входных напряжений, токов нагрузки и температур. Широкие диапазоны входных и выходных напряжений прибора, высокий PSRR и ультранизкие шумы идеальны для таких чувствительных к шумам приложений, как питание МШУ, малошумящие измерения, высокоскоростные прецизионные преобразователи данных, источники питания сканирующего и диагностического медицинского оборудования, источники отрицательного питания радиочастотных комму-



Типовая схема включения LT3094.

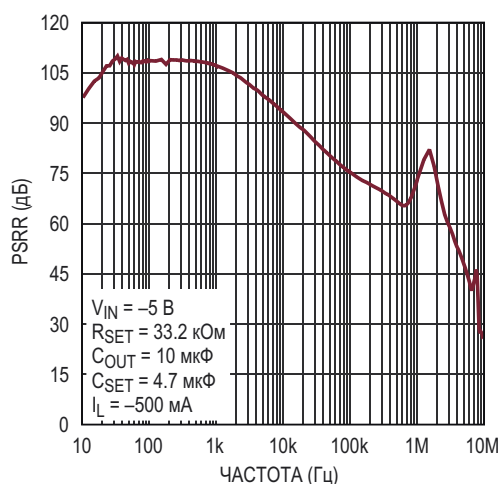
таторов, цепи смещения усилителей мощности и пострегуляторы для импульсных преобразователей.

LT3094 является комплементарной версией ультрамалошумящего LDO регулятора LT3045 с входным напряжением до 20 В, выходным током 500 мА и напряжением шумов 0.8 мкВ с.к.з., поэтому при совместном использовании два устройства образуют ультрамалошумящее решение для двупольного питания.

LT3094 выпускается в компактных 12-выводных корпусах со сниженным тепловым сопротивлением типа DFN с размерами 3 мм × 3 мм и MSOP. В настоящее время на складе компании имеются микросхемы групп E и I, рассчитанные на диапазон рабочих температур перехода от -40 °С до 125 °С. Готовится к производству высокотемпературная версия группы H для диапазона от -40 °С до 150 °С.

### Сводка основных характеристик LT3094

- Выходной ток: 500 мА;
- Ультранизкое значение среднеквадратичного шума: 0.8 мкВ с.к.з. (в полосе частот от 10 Гц до 100 кГц);
- Ультранизкий точечный шум: 2 нВ/ Гц на частоте 10 кГц;
- Ультранизкий коэффициент подавления пульсаций питания: 74 дБ на частоте 1 МГц;
- Широкий диапазон входных напряжений: от -2 В до -20 В;
- Диапазон выходных напряжений: от 0 В до -19.5 В;
- Программируемый порог ограничения тока;



Зависимость коэффициента подавления пульсаций питания от частоты.

- Низкое падение напряжения: типовое значение 235 мВ при полной нагрузке;
- Выводы программирования функций «Питание в норме» и быстрого запуска;
- Точный биполярный вход разрешения/блокировки при пониженном напряжении;
- Управляющий вывод VIOC для минимизации мощности, рассеиваемой внешним регулятором и оптимизации PSRR;
- Минимальная емкость выходного конденсатора: 10 мкФ (керамический);
- 12-выводные корпуса со сниженным тепловым сопротивлением MSOP и DFN 3 мм × 3 мм.

### Цены и доступность

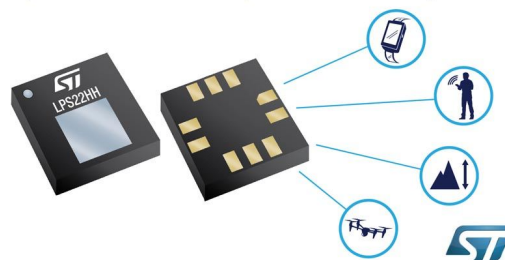
Микросхемы LT3094 выпускаются серийно и в партиях из 1000 приборов продаются по ценам, начинающимся от \$2.80.

## Новый прецизионный МЭМС датчик давления STMicroelectronics не нуждается в калибровке после монтажа на плату

Точность и стабильность нового МЭМС пьезоэлектрического датчика абсолютного давления LPS22HH, выпущенного STMicroelectronics, настолько высоки, что производителям не придется выполнять одноточечную калибровку после монтажа прибора на плату.

Благодаря низкому шуму давления, эквивалентному перепаду высот 5 см, LPS22HH повысит надежность контроля за предотвращением столкновений дронов или дру-

Tiny piezo pressure sensor  
superior accuracy and stability



гих беспилотных устройств. Прецизионность датчика также улучшит точность внутренней навигации смартфонов и спортивных часов.

Кроме того, встроенная цепь температурной компенсации снижает нагрузку на хост-контроллер или процессор приложений, способствуя экономии энергии и обеспечивая бесперебойную работу в полном диапазоне температур. Высокая стабильность в широком диапазоне режимов работы также улучшает характеристики таких устройств, как газовые счетчики, оборудование метеостанций и носимая электроника.

При создании LPS22HH STMicroelectronics использовала свои последние достижения в области как в МЭМС-структур, так и управляющих микросхем, что позволило существенно повысить уровень метрологических параметров. Проверенная временем технология

цельнопрессованных корпусов с миниатюрными апертурами исключает загрязнение датчика посторонними частицами, гарантируя высочайший уровень надежности.

Энергосберегающие функции, включающие режим пониженной мощности с током 0.9 мкА и низкую активную мощность, составляющую всего 4 мкА на частоте 1 Гц при включенной термокомпенсации, увеличивают время автономной работы от батарей. Поддержка двухпроводных интерфейсов I<sup>2</sup>C, SPI и MIPI I<sup>3</sup>C обеспечивает гибкость подключения датчиков, а 128-битный буфер FIFO освобождает ресурсы управляющего микроконтроллера.

LPS22HH уже выпускаются серийно в 10-выводных корпусах HLGA размером 2 мм × 2 мм × 0.73 мм и в партиях из 1000 датчиков продаются по ценам, начинающимся от \$1.55 за штуку.

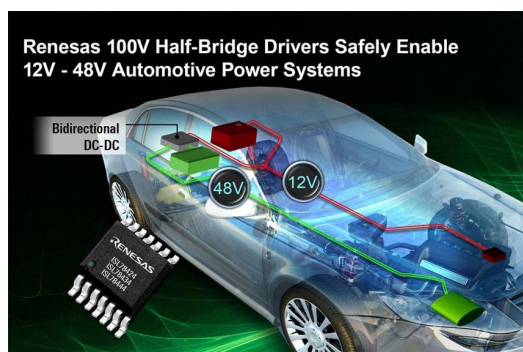
## 100-вольтные драйверы MOSFET полумостов Renesas обеспечат надежное управление гибридными силовыми агрегатами автомобилей

*Семейство усовершенствованных драйверов MOSFET ISL784x4 обеспечивает сильноточное DC/DC преобразование с регулируемым мертвым временем и максимальным КПД*

Renesas Electronics анонсировала новую серию автомобильных 100-вольтных 4-амперных драйверов N-канальных MOSFET полумостов. Серия ISL784x4 содержит три прибора: ISL78424 и ISL78444 с одним входом трехуровневой ШИМ для управления обоими драйверами затворов, и ISL78434, имеющий два независимых входа, которые отдельно управляют драйверами верхнего и нижнего плеча. Драйверы N-MOSFET полумоста ISL784x4 дополняют 4-фазный двунаправленный контроллер ISL78224, позволяя ему обеспечивать до 3 кВт мощности с КПД более 95 процентов в составе 12-48-

вольтных преобразователей, используемых в «мягких» гибридных автомобилях. Драйверы ISL784x4 также хорошо подходят для 12-24-вольтных двунаправленных DC/DC преобразователей, а также других понижающих и повышающих сильноточных устройств.

Наличие независимых выводов вытекающего и втекающего тока на выходах драйверов затворов ISL784x4 упрощает управление сильноточными MOSFET. Это позволяет конструкторам снизить уровень излучаемых электромагнитных помех, используя внешние резисторы в цепях затворов для настройки скорости нарастания и спада импульсов в коммутационном узле. ISL784x4 также обеспечивает адаптивное управление мертвым временем, позволяя устанавливать точные задержки включения, предотвращающие сквозные токи, которые возникают при одновременном открывании обоих ключей DC/DC преобразователя. Кроме того, функция адаптивного управления мертвым временем драйверов ISL78424 и ISL78434 позволяет воспринимать напряжения затворов MOSFET, устраняя потенциальные ошибки, вызванные паде-



нием напряжения на внешних резисторах затворов, контролирующей скорость нарастания напряжения в коммутационном узле.

Драйверы ISL784x4 отлично подходят для силовых приложений, таких как DC/DC преобразователи 12-48 В, используемые в 48-вольтовых «мягких» гибридах. Они улучшают КПД за счет надежного управления затвором с пиковыми вытекающими и втекающими токами 3 А и 4 А, соответственно. Энергичное управление затворами позволяет приборам с высокой скоростью переключать силовые MOSFET с большой емкостью затвора, что снижает потери переключения. Адаптивный контроль мертвого времени драйверов MOSFET полумостов минимизирует избыточное мертвое время, снижая потери проводимости и еще больше повышая КПД преобразования. Драйверы ISL784x4 работают с номинальным напряжением, идеальным для 48-вольтовых автомобильных систем, коммутационные узлы которых выдерживают постоянное напряжение 70 В, и до 86 В при редких бросках напряжения. Аналогично, бутстрепный узел драйвера верхнего плеча может выдерживать постоянное напряжение 86 В, и до 100 В в импульсе.

### Ключевые характеристики приборов ISL78424, ISL78434 и ISL78444

- Выходной ток: 3 А вытекающий, 4 А втекающий;
- Вход трехуровневой ШИМ (ISL78424 и ISL78444);
- Независимые входы верхнего и нижнего плеча (ISL78434);

- Отдельные выводы вытекающего и втекающего тока на выходах драйвера (ISL78424 и ISL78434);
- Широкий диапазон напряжений питания от 8 до 18 В;
- 3-омный бутстрепный МОП-ключ устраняет необходимость во внешнем диоде Шоттки;
- Адаптивное управление мертвым временем с задержкой включения, программируемой одним резистором;
- Сертифицированы на соответствие стандарту AEC-Q100 Grade-1 для диапазона рабочих температур от –40 °С до +140 °С.

Для преобразования энергии между 12- и 48-вольтовыми шинами в 48-вольтовых «мягких» гибридных автомобилях драйверы ISL78424 и ISL78444, в которых используются трехуровневые ШИМ-сигналы, могут быть соединены с 4-фазным двунаправленным синхронным ШИМ-контроллером ISL78224. Разработчики систем функциональной безопасности могут добавить микроконтроллер Renesas RH850 для управления бортовыми системами автомобиля и поддержки каналов связи. Для создания источника питания автомобильного аудиосуилителя ISL78424 и ISL78444 также могут быть объединены с 4-фазным контроллером ISL78225 или 6-фазным контроллером ISL78220.

### Цены и доступность

Все три драйвера полумостов – ISL78424, ISL78434 и ISL78444 – и их оценочные платы уже доступны для приобретения. Каждый прибор поставляется в 14-выводном корпусе HTSSOP и в партиях из 1000 устройств стоит \$1.70.

## Решение для наночипов следующего поколения придет из воздуха

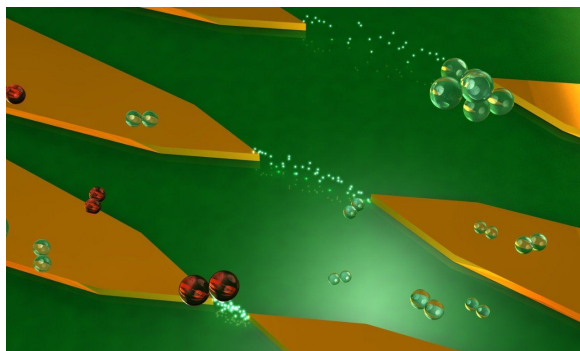
Michael Quin

Мельбурнский королевский технологический университет, Австралия

*Согласно новым исследованиям, секретным ингредиентом для более мощной электроники следующего поколения может быть воздух*

Исследователи из RMIT (Мельбурнский королевский технологический университет) создали новый тип транзистора – строитель-

ный блок всех электронных устройств. Вместо электрических токов, идущих через кремний, в этих транзисторах электроны проходят



*В новом бескремниевом транзисторе электроны пролетают через наноразмерный воздушный промежуток между двумя металлическими электродами.*

через узкие воздушные промежутки, где они могут перемещаться беспрепятственно, как в космосе.

Устройство, представленное в журнале Американского химического общества *Nano Letters*, полностью исключает использование любого полупроводника, что делает его более быстрым и менее подверженным нагреванию.

По словам ведущего автора исследования, кандидата наук Группы микросистемных исследований RMIT Шрути Нирантар (Shruti Nirantar), эта перспективная концепция может революционизировать электронику.

«Каждый компьютер и телефон содержат миллионы и миллиарды электронных транзисторов, сделанных из кремния, но эта технология приближается к своим физическим пределам, когда атомы кремния мешают движению тока, ограничивая скорость и вызывая выделение тепла, – сказала Нирантар. – В наших транзисторах с воздушным каналом ток течет через воздух, поэтому его ничто не тормозит, и нет сопротивления в материале, из-за которого происходит нагрев».

## Закон Мура

Мощность компьютерных микросхем – или количество транзисторов, втиснутых на кремниевый кристалл, – в течение десятилетий примерно удваивалась каждые два года. Но этот темп развития, известный как Закон Мура, в последние годы замедлился, несмотря на то, что инженеры изо всех сил пытаются уменьшать размеры транзисторов, которые и так уже стали меньше самых мелких вирусов.

Нирантар считает, что их исследование является перспективным направлением для нанoeлектроники и ответом на ограничение кремниевой электроники.

«Эта технология просто означает другой подход к миниатюризации транзистора в попытке поддержать закон Мура еще несколько десятилетий», – сказала Шрути.



*Шрути Нирантар.*

## Новый путь вперед

Руководитель исследовательской группы доцент Шарат Шрирам (Sharath Sriram) сказал, что проект устраняет серьезный недостаток традиционных транзисторов с твердым каналом – они заполнены атомами, а это означает, что проходящие через них электроны сталкиваются, тормозятся и теряют энергию в виде тепла.

«Представьте, что вы идете по переполненной народом улице, чтобы добраться от точки А до точки Б. Толпа тормозит ваше движение и истощает вашу энергию, – сказал Шрирам. – Путешествие в вакууме, напротив, похоже на пустую автостраду, где вы можете ездить быстрее и тратить меньше энергии».

Но при всей привлекательности и очевидности вакуумной концепции, решения, направленные на увеличение скорости транзисторов, также намного увеличивают их размеры, лишая технологию практической ценности.

«Мы решаем эту проблему, создавая наноразмерные зазоры между двумя металлическими точками. Ширина зазора составляет всего несколько десятков нанометров, что в 50,000 раз меньше толщины человеческого волоса, но этого достаточно, чтобы обмануть электроны, заставив их думать, что они перемещаются через вакуум и воссоздают для себя виртуальное космическое пространство в наноразмерном воздушном промежутке», – сказал он.



Наноразмерное устройство разрабатывается с учетом совместимости с современными промышленными технологиями разработки и производства. Оно также найдет применение в космосе – как электроника, устойчивая к радиации, и как источник электронов для управления и позиционирования «наноспутников».

«Это шаг к захватывающей технологии, целью которой является создание чего-то из ничего, чтобы значительно увеличить скорость электроники и не терять быстрые темпы технического прогресса», – сказал Шрирам.

### По теме

1. [Вакуумный транзистор: устройство, сделанное из ничего](#)

# Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии



## Часть 1

*Александр Русу, Одесса, Украина*

**К**ак известно, существует всего два электромагнитных прибора, с помощью которых параметры электрической энергии можно преобразовать с максимально возможной эффективностью: дроссель и трансформатор. С технологической точки зрения они практически одинаковы и отличаются только режимом работы: трансформатор пропускает энергию «сквозь себя», не накапливая ее в магнитном поле, а дроссель работает по принципу «взял-сохранил-отдал».

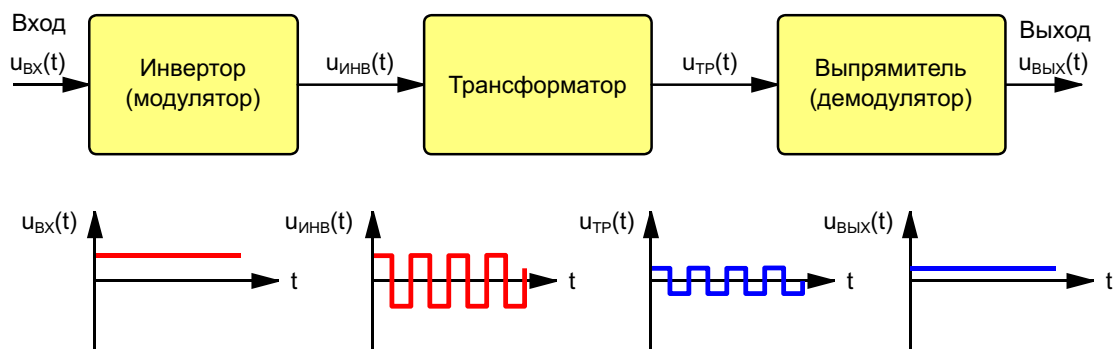
В [1] было показано, что при одной и той же преобразуемой мощности и рабочей частоте габаритные размеры трансформатора могут быть до восьми раз меньше чем у дросселя. Однако использование трансформатора приводит к усложнению схемы и проблемам при регулировке выходного напряжения, поэтому маломощные (до 150...200 Вт) преобразователи обычно строятся по схемам на основе дросселя, а мощные...

А с мощными преобразователями будем разбираться в этой статье, которая подводит итог первой части цикла об импульсном преобразовании электрической энергии, посвя-

щенного особенностям схемотехники их силовой части. Как обычно, читателю рекомендуется предварительно ознакомиться с уже опубликованными в журнале и на сайте РадиоЛоцман материалами [1 – 8], а для более глубокого понимания сути происходящих процессов – с более «тяжелыми» статьями в научных журналах [9 – 11].

### Структурная схема преобразователя на основе трансформатора

Итак, изучив [1 – 7], попробуем синтезировать мощный преобразователь, основным элементом которого является трансформатор. Согласно формулам, полученным в [1], габариты трансформатора зависят от его рабочей частоты. Поскольку частота напряжения на входе и выходе преобразователей невелика (50...400 Гц), а то и вовсе равна нулю (для DC/DC преобразователей), для того чтобы трансформатор работал на высокой частоте, необходимы два дополнительных узла: модулятор и демодулятор. Модулятор преобразует входное низкочастотное



**Рисунок 1.** Структурная схема преобразователя на основе трансформатора.

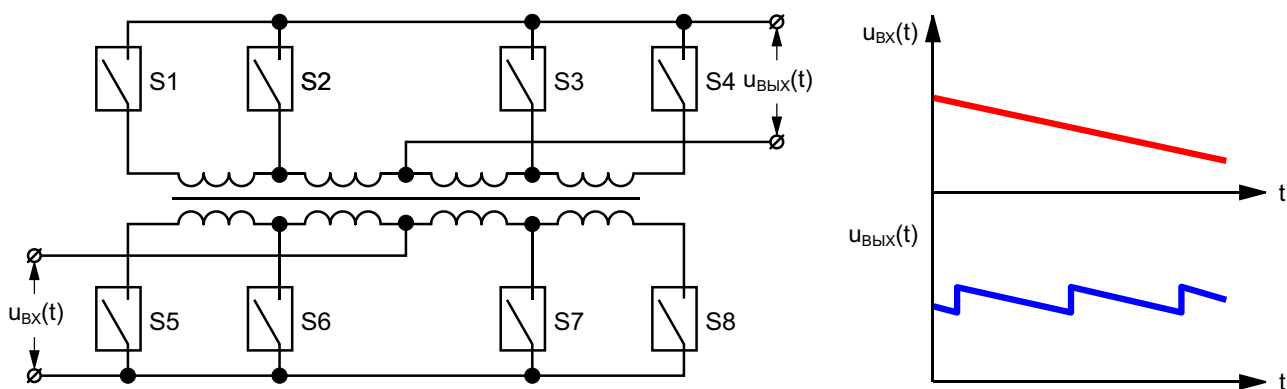
напряжение в напряжение высокой частоты, амплитуда которого пропорциональна напряжению на входе, а демодулятор выполняет обратную функцию (Рисунок 1).

Предвидя возможную (и обоснованную) критику со стороны читателей, уже знакомых со схемотехникой мощных преобразователей, сразу обращаю внимание, что в DC/DC преобразователях, исторически появившихся первыми, эти узлы в свое время называли, соответственно, «инвертор» и «выпрямитель», поскольку они действительно преобразовывали постоянный ток в переменный и наоборот. Однако импульсным способом можно изменять величину не только постоянного, но и переменного напряжения [8], поэтому соответствующие узлы AC/AC преобразователей, у которых на входе и выходе присутствует переменное напряжение, уже как-то технически некорректно называть инверторами или выпрямителями.

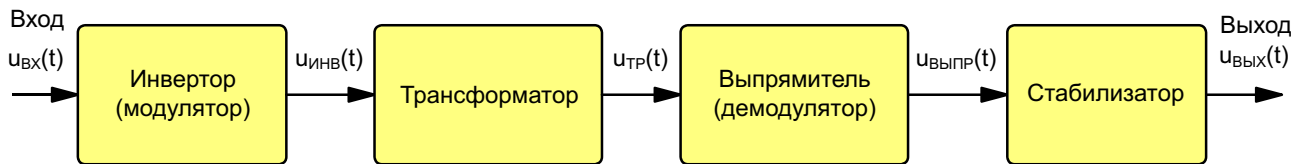
Итак, преобразователь на Рисунке 1 позволяет изменить величину напряжения на входе только на какую-то конкретную величину,

однако его еще нужно как-то регулировать, ведь входное напряжение и ток нагрузки практически никогда не бывают стабильными. Можно, конечно, использовать трансформатор с отпайками (Рисунок 2), но такая схема со ступенчатой регулировкой вряд ли удовлетворит требования к качеству выходного напряжения, необходимые в большинстве приложений, да и сложность такой схемы намного больше, чем у известных решений.

Из опыта построения «классических» выпрямителей на основе низкочастотных трансформаторов известно, что для точной регулировки выходного напряжения используют специальный узел – стабилизатор, устанавливаемый на выходе устройства (Рисунок 3). Именно такой принцип – двукратного преобразования напряжения (энергии) – и используется при построении мощных импульсных преобразователей: вначале система модулятор-трансформатор-демодулятор преобразовывает входное напряжение до некоторого промежуточного нестабилизиро-



**Рисунок 2.** Схема преобразователя с дискретной регулировкой выходного напряжения.



**Рисунок 3.** Структурная схема стабилизированного преобразователя на основе трансформатора.

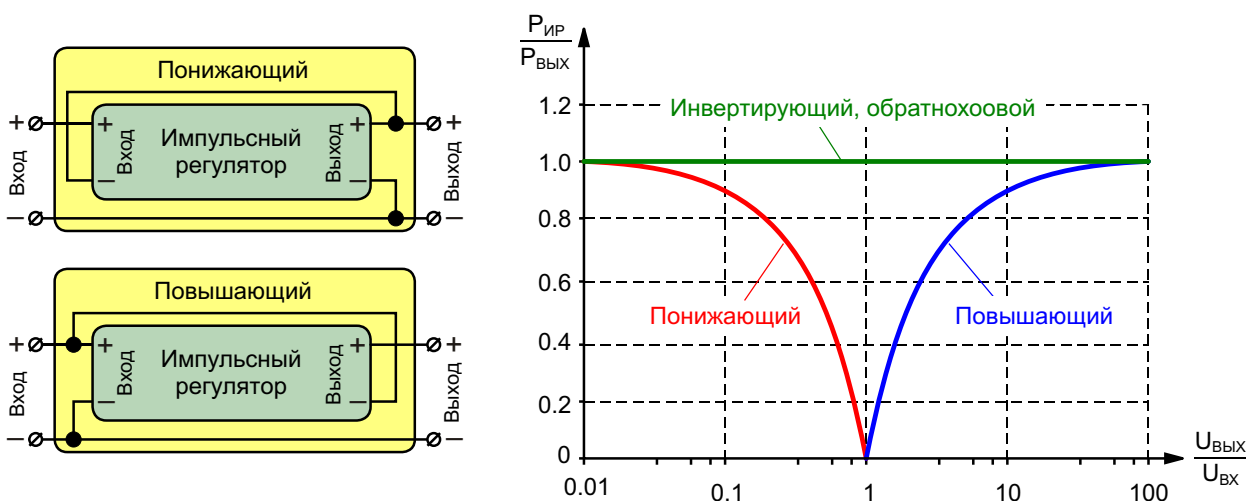
ванного уровня, а затем стабилизатор изменяет его до требуемого значения с необходимой точностью.

### Способы реализации преобразователя на основе трансформатора

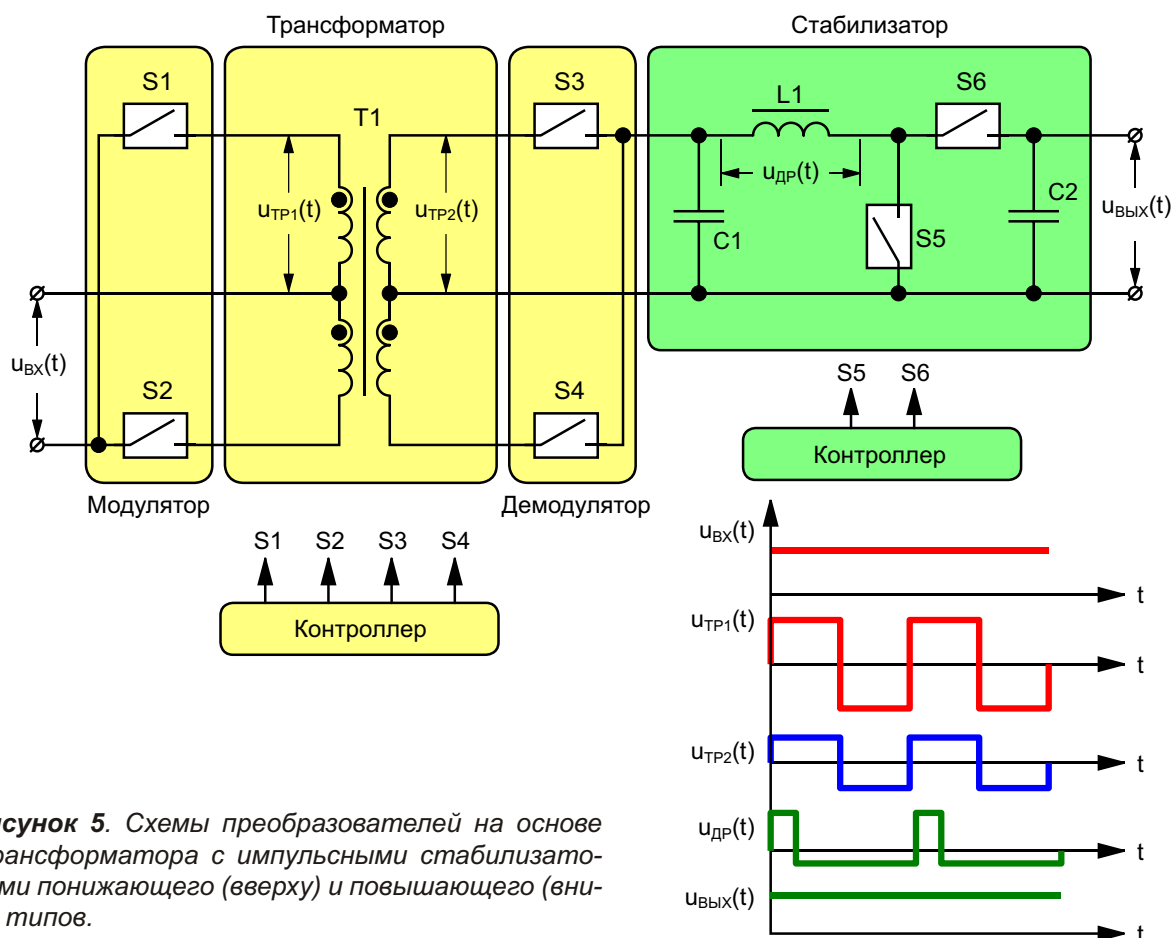
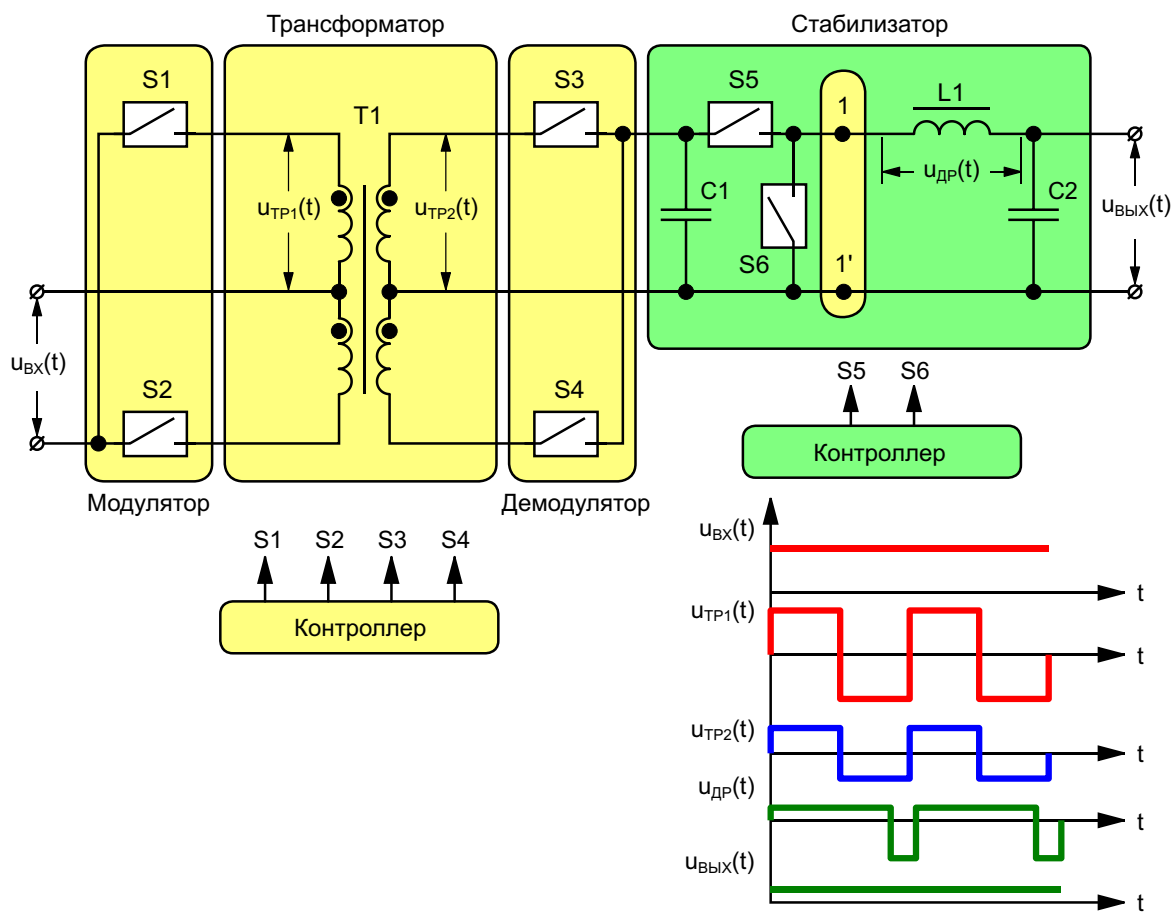
Но какую схему использовать для построения стабилизатора? Использование «классических» компенсационных стабилизаторов, например 78xx/79xx, обладающих большими габаритами из-за наличия радиатора и низким КПД, сведет к нулю весь выигрыш от использования трансформатора. LDO-стабилизаторы, являющиеся разновидностью компенсационных схем, эффективны только при небольшой разнице между входным и выходным напряжением; при ее увеличении их КПД также стремительно падает. Да и большинство компенсационных схем рассчитано на использование в схемах постоянного тока и поддерживают только режим передачи [3]. Но ведь иногда необходимо преобразовать переменное напряжение или работать на нагрузку реактивного характера [3, 8].

Но почему стабилизатор обязательно должен быть компенсационным? Обратите внимание, что этот узел тоже является преобразователем напряжения, а это значит, что для его построения, теоретически, можно использовать любую из схем на основе как дросселя, так и трансформатора. Однако преобразователь на основе трансформатора в устройстве уже есть, и мы как раз пытаемся компенсировать его недостатки, поэтому остаются «дроссельные» схемы, способные в силу своего принципа работы [2, 3] плавно изменять в широких пределах коэффициент передачи, что полностью компенсирует недостаток плохо регулируемых «трансформаторных» схем.

В [2] показано, что «базовой» схемой для «дроссельных» преобразователей является обратная схема. Но в ней через магнитопровод дросселя передается вся мощность нагрузки, а это означает, что в устройстве все равно остается дроссель, габариты которого будут как минимум в 8 раз больше трансформатора. А поскольку обратная схема обеспечивает гальваническую развязку и за счет изменения коэффициента трансформа-



**Рисунок 4.** Зависимость величины относительной преобразуемой мощности от соотношения напряжений на входе и выходе «дроссельных» преобразователей.



**Рисунок 5.** Схемы преобразователей на основе трансформатора с импульсными стабилизаторами понижающего (вверху) и повышающего (внизу) типов.

ции дросселя [4] может работать при любом соотношении напряжений на входе и выходе, то использование трансформатора вместе с сопутствующими узлами (модулятором и демодулятором) при построении стабилизатора по обратноходовой схеме становится полностью бессмысленным.

Но есть еще три схемы «дроссельных» преобразователей, которые можно получить, соединив определенным образом вход и выход обратноходового импульсного регулятора [2] с входом и выходом преобразователя: понижающая, повышающая и инвертирующая. Инвертирующую схему можно сразу исключить, поскольку она по своим характеристикам мало чем отличается от обратноходовой, а вот на понижающую и повышающую следует обратить внимание, ведь их главный недостаток – отсутствие гальванической развязки – устраняется наличием трансформатора.

В [2] было показано, что при соединении входа или выхода импульсного регулятора последовательно с входом и выходом преобразователя величина преобразуемой мощности  $P_{\text{ИР}}$  (мощности, проходящей через магнитное поле магнитопровода дросселя) зависит от соотношения напряжений на входе и выходе  $U_{\text{ВХ}}$  и выходе  $U_{\text{ВЫХ}}$  преобразователя (Рисунок 4). Таким образом, если нам необходимо уменьшить (увеличить) напряжение только на 10%, то при использовании понижающей (повышающей) схемы необходим дроссель с размерами в 10 раз меньшими, чем у дросселя обратноходового преобразователя (при условии, что магнитопроводы дросселей будут выполнены из одного и того же материала и работать в одинаковых режимах [6]). В этом случае размеры дросселя уже становятся соизмеримыми с размерами трансформатора, работающего на той же частоте. Но какую схему использовать для построения стабилизатора: понижающую или повышающую?

На первый взгляд оба варианта (Рисунок 5) идентичны. В общем случае в этих схемах трансформатор и стабилизатор могут работать в асинхронном режиме на разных частотах и быть совершенно независимыми узлами. Даже если трансформатор и дроссель стабилизатора будут работать синхронно на одной частоте, использование такого подхода уже даст неплохой выигрыш в габаритах индуктивных элементов по сравнению с дросселем

«базовой» обратноходовой схемы: трансформатор будет меньше в 8 раз, а дроссель – в 5...10 раз (при использовании оптимальных режимов работы магнитопровода [6]). Это в итоге позволит уменьшить общую массу и габариты индуктивных элементов такого устройства как минимум вдвое. Однако сложность такой схемы теперь становится очень высокой – только наличие двух контроллеров, даже работающих в синхронном режиме, уже может создать множество проблем для разработчика, ну а наличие шести силовых ключей приведет к уменьшению КПД и увеличению, за счет дополнительных радиаторов, габаритов и стоимости преобразователя. **РЛ**

## Список источников

1. Русу А.П. Зачем нужен трансформатор в импульсном преобразователе электрической энергии? // Радиолюцман – 2018. – №9. – С.24 – 28 (Часть 1). – №10. – С.26 – 29 (Часть 2).
2. Русу А.П. [«Откуда появились базовые схемы преобразователей»](#).
3. Русу А.П. [«Почему импульсные преобразователи "не любят" "легкую" нагрузку»](#).
4. Русу А.П. [«Почему обмотки дросселя обратноходового преобразователя могут иметь разное число витков»](#).
5. Русу А.П. [«Может ли ток в обмотке дросселя измениться мгновенно?»](#)
6. Русу А.П. [«В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя?»](#)
7. Русу А.П. [«Как определить размеры магнитопровода дросселя импульсного преобразователя»](#).
8. Русу А.П. [«Импульсное преобразование переменного тока»](#).
9. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ электрических и магнитных процессов в дросселях импульсных преобразователей электрической энергии // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА) – 2016. – №6. – С.17 – 29.
10. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ принципов построения и режимов работы импульсных преобразователей электрической энергии // Практическая силовая электроника. – 2016. – №2(62). – С.10 – 24.
11. Kadatskyy A.F., Rusu A.P. Determination of the necessary inductor core dimensions for switching electrical energy converters // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2018. – №1. – С. 125–134.

**Окончание в следующем номере**

# Когда земли должны быть разделенными?

Frederik Dostal, Analog Devices

Analog Dialogue



## Вопрос:

Куда я должен подключать земли импульсных регуляторов?

## Ответ:

Что делать с аналоговой землей (AGND) и силовой землей (PGND) микросхемы импульсного регулятора? Этот вопрос задают многие разработчики импульсных источников питания. Некоторые из них привыкли иметь дело с цифровой и аналоговой землей, однако, когда дело доходит до силовой земли, они нередко теряются. Тогда они просто копируют разводку платы, рекомендованную для выбранной микросхемы регулятора, и забывают об этой проблеме.

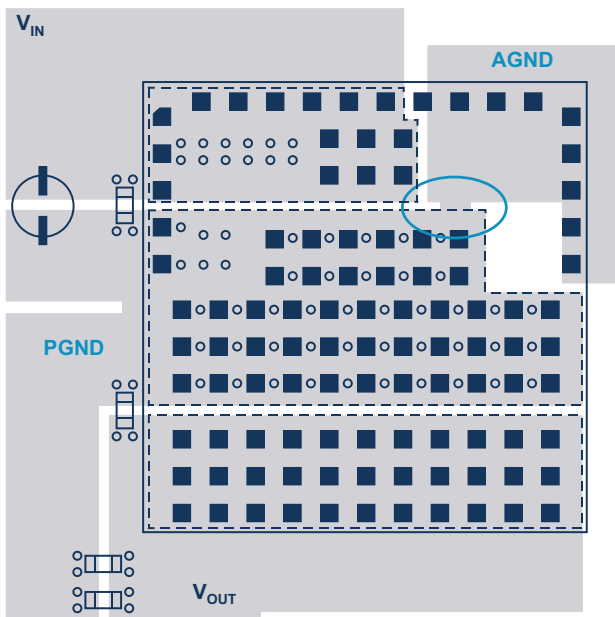
PGND – это точка заземления, через которую протекают более сильные импульсные

токи. В зависимости от топологии импульсного регулятора, это может быть ток мощного внутреннего транзистора или импульсным током выходного драйвера внешнего транзистора. Это особенно актуально в случае контроллеров импульсных преобразователей, например, с внешними силовыми ключами.

AGND, называемая иногда SGND (signal ground – сигнальная земля), – это заземление, которое, как правило, используют в качестве опорного уровня другие, обычно очень «тихие» сигналы. К таким сигналам относится, в частности, напряжение внутреннего опорного источника, необходимое для стабилизации выходного напряжения. Сигналы разрешения и управления мягким запуском также привязаны к AGND.

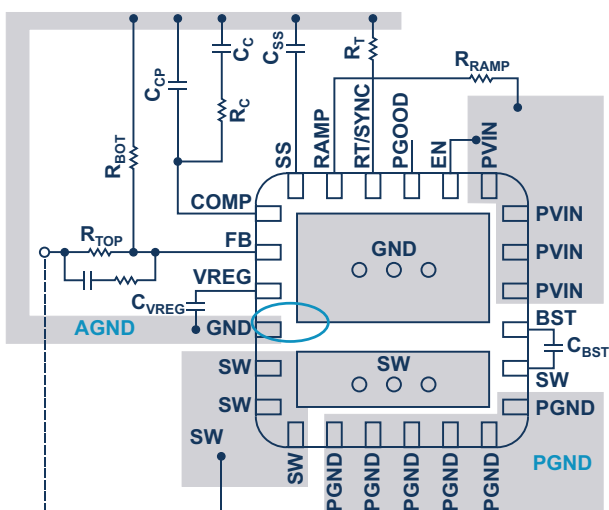
Существуют два различных технических подхода и, соответственно, разные мнения экспертов относительно подключения этих земляных соединений.

Один из подходов состоит в том, чтобы контакты AGND и PGND микросхемы импульсного регулятора соединить друг с другом возле соответствующих выводов. Это поддерживает смещение напряжения между двумя выводами относительно низким, защищая микросхему импульсного регулятора от помех, и даже от возможных повреждений.



**Рисунок 1.** Локальное соединение PGND и AGND прямо на контактных площадках.

Все земли схемы и земляной слой печатной платы, если он существует, должны звездообразно сходиться в эту общую точку. Пример реализации такого подхода показан на Рисунке 1. На нем изображена разводка печатной платы для 10-амперного микромодуля понижающего преобразователя LTM4600. Отдельные земли печатной платы соединены вблизи друг друга (см. синий овал на Рисунке 1). Определенное разделение PGND и AGND проис-



**Рисунок 2.** Разделенные AGND и PGND, соединенные под земляным основанием корпуса микросхемы через переходные отверстия.

ходит уже на кристалле микросхемы из-за паразитной индуктивности соответствующих проводов, соединяющих кристалл с корпусом, а также индуктивности связанных с ними выводов, что приводит к небольшим взаимным помехам между цепями на кристалле.

Другой подход предполагает дополнительное разделение AGND и PGND на плате на два разных слоя, соединенных друг с другом в одной точке. Благодаря этому соединению сигналы помехи (напряжение смещения) локализуются в основном в области PGND, в то время как напряжение в области AGND остается очень спокойным и очень хорошо отделенным от PGND. Однако недостатком этого метода является то, что, в зависимости от скорости переходных процессов и силы тока, на соответствующих выводах может происходить значительное смещение напряжения между PGND и AGND. Это может стать причиной неправильной работы, или даже повреждения микросхемы импульсного регулятора. Реализация такого подхода показана на Рисунке 2 на примере микросхемы 6-амперного импульсного понижающего регулятора ADP2386.

Вопрос заземления сводится к компромиссу между строгим разделением для минимизации шумов и помех и риском появления смещений напряжения между двумя землями, воздействующих на кристалл микросхемы и нарушающих ее функционирование. Правильное решение в отношении этого компромисса в значительной степени зависит от конструкции микросхемы, включая крутизну фронтов, уровни мощности, паразитные индуктивности внутренних проводов и корпуса, а также риск защелкивания каждой микросхемы.

## Заключение

Ответ на вопрос о том, как обходиться с землями AGND и PGND, не так прост. Вот почему дискуссии на эту тему все еще продолжаются. В самом начале я упомянул о том, что многие разработчики импульсных регуляторов используют примеры разводки платы и подключения земель, предоставленные разработчиком микросхем. Это разумно, поскольку, как правило, у вас есть основания предполагать, что производитель проверил соответствующую микросхему в такой кон-



фигурации. Из примеров на Рисунках 1 и 2 также можно видеть, что расположение соответствующих выводов микросхем хорошо подходит как для локального соединения земель возле выводов AGND и PGND, так и для отдельного заземления.

Разумеется, производитель микросхемы может ошибиться при проектировании при-

меров схем. Вот почему хорошо иметь дополнительную информацию об основных подходах. **PL**

### Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices ADP2386](#)
2. [Datasheet Analog Devices LTM4600](#)

# Аудио- и видеоаппаратура корпорации Panasonic 1990-х годов



## Часть 1

*Юрий Петропавловский*

После известных событий 1991 года в СССР на рынке бытовой электроники произошли прямо-таки кардинальные изменения. До этого времени большой удачей считалась покупка отечественного видеомэагнитофона «Электроника ВМ12» за 1200 рублей по предварительной записи. Но уже в 1992 году на прилавки рынков и полки магазинов «хлыну-



**Рисунок 1.** Коносукэ Мацусита с высшими наградами Японии.

ла» японская бытовая электроника, которую ранее отдельные граждане могли приобрести только за границей, в комиссионных магазинах и «Березках». Весьма существенная часть бытовой аудио и видеоаппаратуры была произведена корпорацией Matsushita Electric Industrial (MEI).

1990-е годы корпорация MEI встретила уже без своего основателя и руководителя Коносукэ Мацуситы, умершего 27 апреля 1989 года. На Рисунке 1 Коносукэ Мацусита с высшими наградами Японии (фото 1987 г). Сферы деятельности компании к тому времени охватывали самые различные отрасли радиоэлектроники, на заводах корпорации производилась бытовая техника и потребительская электроника, профессиональная видео и звуковая аппаратура, компьютерное оборудование и офисная техника, широкий спектр электронных компонентов и микросхем. Кроме того, компания разрабатывала комплексные решения для промышленности, транспорта, телекоммуникаций и средств массовой информации.

Особо следует отметить ведущую роль компании в области съемочного и монтажного оборудования. Телевизионные и видеокамеры, видеомэагнитофоны и монтажные сис-

темы для телекомпаний всего мира разрабатывают и производят всего несколько компаний, большая часть этого сегмента рынка занята японскими «грандами» – Sony, Panasonic и JVC. Эти фирмы являются «законодателями» и в области разработки стандартов аналоговой и цифровой видеозаписи, как для профессиональных, так и для бытовых приложений.

В 1990 году компания выпустила первую видеокамеру с электронным стабилизатором изображения «Fuzzy Gyro» Panasonic NV-S1 формата S-VHS-C (Рисунок 2). На европейский рынок эта видеокамера поставлялась в начале 1990-х годов в варианте VHS-C с ПЗС-датчиком изображения с диагональю 1/3 дюйма и разрешением 320,000 пикселей. Многие технические решения, использованные в этой модели, впоследствии стали применяться во множестве видеокамер различных производителей.



**Рисунок 2.** Видеокамера Panasonic NV-S1.

В начале 1990-годов компания разработала знаменитую линейку полноформатных VHS и S-VHS камкордеров для профессиональных приложений. В России особую популярность на региональных и местных телестудиях получили S-VHS модели Panasonic NV-M9000 (Рисунок 3), AG-455, а также их модификации NV-MS4, MS5, M9500, M9900, AG-DP200.

Качество изображения видеокамер во многом определяется параметрами датчиков изображения и используемым форматом видеозаписи. В перечисленных моделях видеокамер применены ПЗС-датчики изображе-



**Рисунок 3.** Видеокамера Panasonic NV-M9000.

ния с диагональю 1/3 дюйма и общим числом пикселей 420,000. Камерные каналы с этими датчиками обеспечивают четкость по горизонтали 670 линий (по сигналу яркости). Четкость записанного видеокамерами в формате S-VHS изображения снижается до 400 линий при отношении сигнал/шум 43 дБ.

В дополнение к стандартному тракту записи звука неподвижными головками, в перечисленных видеокамерах используется тракт высококачественной стереозаписи Hi-Fi четырьмя вращающимися головками, установленными на блоке вращающихся головок (БВГ). Полоса записываемых частот Hi-Fi тракта 50 Гц...20 кГц, отношение сигнал/шум 47 дБ. Наличие двух микрофонов и каналов звука позволило реализовать режим звукового «зума» за счет формирования специальной диаграммы направленности, позволяющей усиливать сигналы от удаленных источников звука.

Появление в конце 1980-х годов видеомагнитофонов VHS-Hi-Fi дало старт развитию систем домашнего кинотеатра (ДК) на основе аналоговых систем объемного звука Dolby Surround и Dolby Surround Pro Logic. В России в качестве основного источника программ для ДК видеокассеты VHS Hi-Fi широко использовались вплоть до начала 2000-х годов. Наиболее популярными аппаратами для ДК у нас были как раз видеомагнитофоны компании MEI, такие как Panasonic NV-F55, NF-F65, NV-HD100/90/95, NV-HD600/650/750, NV-HS800/1000 и ряд других моделей. Следует отметить, что видеомагнитофоны VHS Hi-Fi можно использовать и для высококачественной аналоговой записи звука без подачи видеосигналов с различных источников (виниловые пластинки, CD-диски), в том числе, на пониженной скорости протяжки ленты (11.7 мм/с). При этом Hi-Fi записи на видео-

кассетах VHS хорошо сохраняются в течение многих лет. Например, в фонотеке автора имеются десятки видеокассет VHS Hi-Fi, записи на которых сделаны в 1994-1998 годах. Большинство этих архивных записей отлично сохранились, хотя условия их хранения не отличались постоянством (перепады температур от  $-10$  до  $+35$  градусов).

Коротко рассмотрим особенности записи звука в видеомагнитофонах VHS/S-VHS Hi-Fi Panasonic. На Рисунке 4 показано расположение видео и звуковых Hi-Fi головок на верхнем цилиндре БВГ VEN0601, используемого в моделях Panasonic NV-HD100/90/95, AG-5260 и других. Угол между осями расположения видео и звуковых головок –  $60^\circ$  (в аппаратах JVC, Sony и ряда других фирм –  $42^\circ$ ), ширина видеодорожек на ленте при работе на стандартной скорости SP в системах ПАЛ/СЕКАМ –  $49$  мкм, на малой скорости LP –  $24.5$  мкм. Противоположные звуковые головки Hi-Fi имеют азимутальные углы наклона зазоров  $\pm 30^\circ$ , а длина зазоров порядка  $38-40$  мкм, что меньше, чем нужно для скорости SP, и больше, чем для LP. Для видеозаписи в SP и LP режимах используются отдельные видеоголовки, установленные на едином основании (нижнее фото на Рисунке 4).

Запись сигналов Hi-Fi звука при работе в стандартах ПАЛ/СЕКАМ производится на несущих  $1.4$  МГц (левый канал) и  $1.8$  МГц (правый канал) методом частотной модуляции в свободном частотном окне между сигналами



**Рисунок 4.** Расположение видео и звуковых Hi-Fi головок БВГ VEN0601.

яркости в диапазоне  $3.8-4.8$  МГц и сигналами цветности в районе  $600$  кГц. В видеомагнитофонах Panasonic тракт Hi-Fi звука обычно выполнен на специализированных БИС – XLH7773K/AKS/KS, BH7770KS, BA7705K1, BH7778AK и других микросхемах, в основном фирмы Rohm.



**Рисунок 5.** Видеокамера Panasonic AF-D700.

В середине 1990-х годов MEI реализовала ряд проектов в области цифровой видеозаписи. В частности, в 1995 году компания выпустила первый вещательный камкордер формата DVCPRO Panasonic AF-D700 (Рисунок 5) и первую цифровую бытовую видеокамеру формата MiniDV (Digital 6) Panasonic NV-DJ1 для формата НТСЦ с 3-матричным ПЗС-датчиком изображения. В России аналогичная видеокамера Panasonic NV-DX1E (ПАЛ) поступила в продажу в 1996 году по цене  $2500$  долларов. По внешнему виду она практически не отличается от NV-DJ1. Обе видеокамеры оснащены 10-кратными вариообъективами с фокусным расстоянием  $6-60$  мм и 3-матричными ПЗС датчиками изображения с диагональю  $1/3$  дюйма. Три монохромных ПЗС датчика изображения с разрешением  $320,000$  пикселей (NV-DX1) каждый конструктивно объединены с цветоделительной призмой в отдельный блок. Основные особенности и параметры NV-DX1E: видео – разрешение по горизонтали  $500$  линий, отношение сигнал/шум  $54$  дБ, звук –  $2$  канала  $48$  кГц/ $16$  разрядов или  $4$  канала  $32$  кГц/ $12$  разрядов, питание  $7.2$  В/ $7.5$  Вт. В 1998 году в Россию начали поставляться одноматричные MiniDV видеокамеры Panasonic NV-DS5EN, а в 1999 году – Panasonic NV-DS33EN, NV-DS77EN, NV-EX1EN. Самая компактная и легкая в мире ( $108 \times 86 \times 49$  мм,  $400$  г) на тот момент MiniDV



**Рисунок 6.** Видеокамеры NV-DX1, NV-DS5 и NV-DS33.

видеокамера Panasonic NV-EX3EN признана лучшей европейской видеокамерой 1999-2000 года ассоциацией EISA. На Рисунке 6 показан внешний вид моделей NV-DX1 (сверху), NV-DS5 (внизу слева) и NV-DS33.

Семейство цифровых форматов DV (стандарт МЭК61834) разработано совместно ведущими мировыми компаниями Sony, Panasonic, JVC, Hitachi, Philips, и изначально было рассчитано для применения в бытовых видеокамерах и видеомагнитофонах (формат MiniDV). Однако высокое качество изображения и звука, обеспечиваемое аппаратурой этого формата, позволило применять различные его варианты в профессиональной аппаратуре, как стандартной, так и высокой четкости (форматы DVCAM, DVCPRO, DVCPRO HD, HDV).

К середине 1990-х годов относится и начало широкого внедрения цифровых оптических систем записи на диски высокой плотности, наиболее успешной из которых стала система DVD. Надо сказать, что в начале 1990-х годов работы по созданию систем цифровой оптической видеозаписи велись двумя конкурирующими группами компаний. Группа Sony/Philips разрабатывала мультимедийный диск MMCD, а группа во главе с Toshiba – диск высокой плотности Super Density (SD). Ситуация грозила новой «войной форматов», избежать которой помогли усилия компьютерных компаний во главе с IBM, создав-

шей группу экспертов из представителей Apple, Microsoft, Sun, Dell и ряда других компаний. Группа получила название Технической рабочей группы (TWG). 14 августа 1995 года специалисты пяти членов TWG – IBM, Apple, Compaq, Hewlett-Packard и Microsoft опубликовали пресс-релиз, в котором говорилось о принятии только одного формата цифровой оптической записи высокой плотности. В результате обеими конкурирующими группами разработчиков был согласован формат DVD с объемом диска 4.7 Гб при одностороннем однослойном способе записи.

Официально DVD диск и его первая спецификация были анонсированы в сентябре 1995 года, а координацию по разработке системы обеспечивала организация DVD-форум, в состав которой первоначально входили 10 компаний, включая Panasonic. Первые проигрыватели DVD появились в Японии в ноябре 1996 года (первым аппаратом считается Toshiba SD-3000). В 1996 году MEI разработала свои первые DVD-проигрыватели Panasonic DVD-A100 и DVD-A300, в которых были использованы сдвоенные оптические блоки (Twin Pick-up) с отдельными лазерными диодами на длины волн 780 нм и 650 нм, что позволяло эффективно воспроизводить не только DVD-диски, но и звуковые CD, а также видео CD. Модель DVD-A300 дополнительно оснащена декодером системы цифрового объемного звука Dolby Digital AC-3. Основные характеристики аппарата:

- Диски DVD HTСЦ первой зоны, сеть 120 В/50-60 Гц, мощность потребления 21 Вт, выходы видео S-Video, RCA, звука – RCA, 5 каналов объемного звука и 2 канала стерео;
- Диапазон воспроизводимых частот для DVD 4 Гц...22 кГц (частота дискретизации 48 кГц), 4 Гц...44 кГц (96 кГц), для CD – 4 Гц...20 кГц;
- Отношение сигнал/шум 106 дБ (для всех типов дисков), динамический диапазон 96 дБ, общий уровень гармонических искажений (THD) – 0.003%.

Высокое качество звука аппаратов в немалой степени обеспечивается за счет применения звукового сигма-дельта ЦАП РСМ1710УТ1 фирмы Burr-Brown (в 2000 году приобретена корпорацией Texas Instruments). Большая часть специализированных БИС и микросхем средней степени интеграции разработаны и

произведены собственной компанией МЕС (Matsushita Electronics Corporation), в том числе MN1020819N2C (центральный процессор), AN8482SB (драйвер двигателей), AN3581S (формирователь экранных меню),

AN8812K (аналоговый драйвер сервосистемы), MN666261 (CD-DSP), MN6730 (звуковой декодер), MN6740 (видеодекодер), MN67700 (сервоконтроллер), AN8824FBP (предусилитель). **РЛ**

*Окончание в следующем номере*

# Диммирование нескольких светодиодных цепочек позволяет настраивать цвет освещения

David Zhang

LEDs Magazine

**В**о многих приложениях архитектурного, зонального и местного твердотельного освещения большое значение имеет точность цветопередачи. Кроме того, все большее число продуктов поддерживает динамическую настройку цвета – для установки точки белого или цветовой коррелированной температуры (CCT) и/или создания динамических полноцветных устройств. Светодиоды являются идеальными источниками точного цвета. Изменять цвет светодиодного светильника можно смешением света светодиодов различных цветов, таких как красный, синий, зеленый, желтый и белый. Для получения требуемого цвета свечения при смешении цветов светодиодов необходимо регулировать яркость одной или нескольких светодиодных цепочек. Существует несколько методов регулирования яркости свечения светодиодов (диммирования) для смешения цветов, поэтому давайте рассмотрим их все.

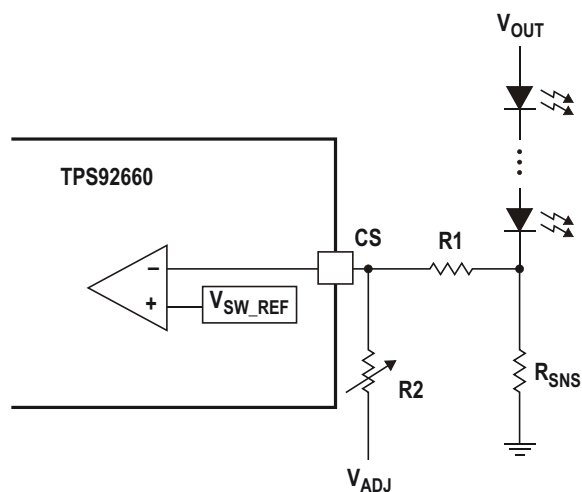
Одиночный кристалл светодиода может излучать только монохромный свет. Для получения разных цветов необходимо использовать одновременно светодиоды трех первичных цветов, – красного, зеленого и синего (RGB). Простой коммутацией красного, зеленого и синего каналов можно получить семь

основных цветов (красный, зеленый, синий, желтый, фиолетовый, морской волны и белый). Для получения более чем семи цветов нужно иметь возможность регулирования яркости светодиодов каждого канала. Диммирование каналов производится регулировкой тока, проходящего через каждую светодиодную цепочку. Смешивая свет трех диммируемых цепочек RGB светодиодов, можно получить множество цветов. Способ, используемый для изменения цветовой температуры свечения белых светодиодов, обычно состоит в том, чтобы, добавив цепочку красных светодиодов, изменять ее яркость относительно белых светодиодов для получения желаемого значения CCT.

В принципе, есть два способа диммирования светодиодов: аналоговое (линейное) управление током и широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Оба метода диммирования регулируют яркость за счет изменения среднего тока, проходящего через светодиодную цепочку. Оба можно реализовать с помощью либо импульсного, либо линейного драйвера светодиодов. На Рисунке 1 показана схема драйвера двух цепочек светодиодов, состоящего из одного понижающего импульсного и одного линейного регулято-







**Рисунок 2.** Схема аналогового диммирования управляет напряжением на входе подключения токоизмерительного резистора.

напряжения, приходящего с токоизмерительного резистора. В большинстве приложений сопротивление этого резистора  $R_{SNS}$  бывает меньше 1 Ом, поэтому изменять его величину с помощью переменного резистора совершенно непрактично. Вместо этого изменяют напряжение на входе CS микросхемы, вводя туда внешнее постоянное напряжение. На Рисунке 2 показана типичная схема аналогового регулятора яркости, работа которого основана на изменении напряжения на токоизмерительном резисторе. Напряжение на выводе CS (current sense) определяется следующей формулой:

$$V_{CS} = \frac{R1}{R1 + R2} V_{ADJ} + \frac{R2}{R1 + R2} I_{LED} R_{SNS}$$

В установившемся состоянии напряжение на выводе CS равно опорному напряжению. Изменить ток светодиода можно либо подстройкой внешнего постоянного напряжения  $V_{ADJ}$ , либо регулировкой сопротивления переменного резистора R2.

Использование аналогового диммирования в приложениях смешения цветов имеет недостатки. С изменением тока светодиода может меняться его цветовая температура. Во время аналоговой регулировки яркости могут меняться яркости и цвета светодиодов, особенно при значительных изменениях тока. В таких условиях система не сможет сформировать желаемый цвет.

## ШИМ регулирование яркости

Фактически, диммирование с помощью широтно-импульсной модуляции включает и выключает светодиоды с фиксированной частотой и фиксированным коэффициентом заполнения. Учитывая, что переключение или мультиплексирование происходят достаточно быстро – обычно с частотой 200 Гц или выше, – человеческий глаз воспринимает свечение светодиодов как постоянное. Ток светодиода, диммируемого импульсами ШИМ, выражается следующей формулой:

$$I_{DIM} = D \cdot I_{LED}$$

где

$I_{DIM}$  – средний ток диммируемого светодиода;

$D$  – коэффициент заполнения импульсов ШИМ;

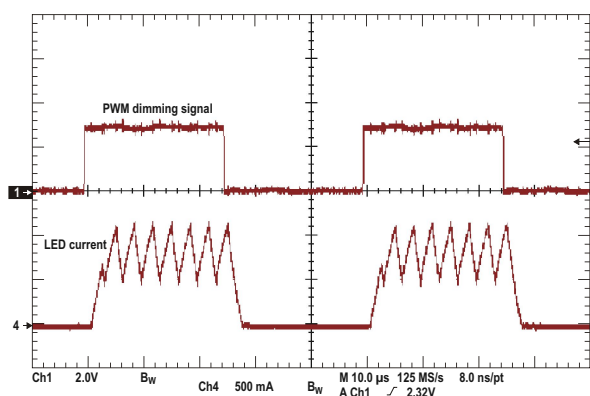
$I_{LED}$  – постоянный ток, приложенный к коммутируемой цепочке светодиодов.

Многие микросхемы драйверов светодиодов имеют цифровой вход диммирующего ШИМ-сигнала, генерируемого микроконтроллером. Как правило, такая микросхема выключает драйвер MOSFET только при низких уровнях импульсов ШИМ и включает обратно при высоком уровне. При выключенном драйвере внутренняя схема полностью продолжает работать. Это предотвращает перезапуск микросхемы, вызывающий задержку нарастающего фронта импульса ШИМ.

В импульсных драйверах светодиодов параллельно светодиодной цепочке обычно включается конденсатор, фильтрующий высокочастотные коммутационные шумы. Этот конденсатор может замедлять нарастание и спад импульсов тока. Поэтому в приложениях с высокой частотой переключения и низким коэффициентом заполнения ШИМ этот конденсатор должен быть удален. Осциллограммы сигналов в понижающем драйвере светодиодов с ШИМ-регулированием яркости показаны на Рисунке 3.

## Смешанное управление яркостью

Некоторые микросхемы драйверов светодиодов поддерживают функцию, называемую «импульсно-аналоговое диммирование». Входы диммирования таких микросхем принимают аналоговый сигнал и преобразу-



**Рисунок 3.** ШИМ-сигнал управляет током светодиода, показанным на нижней осциллограмме.

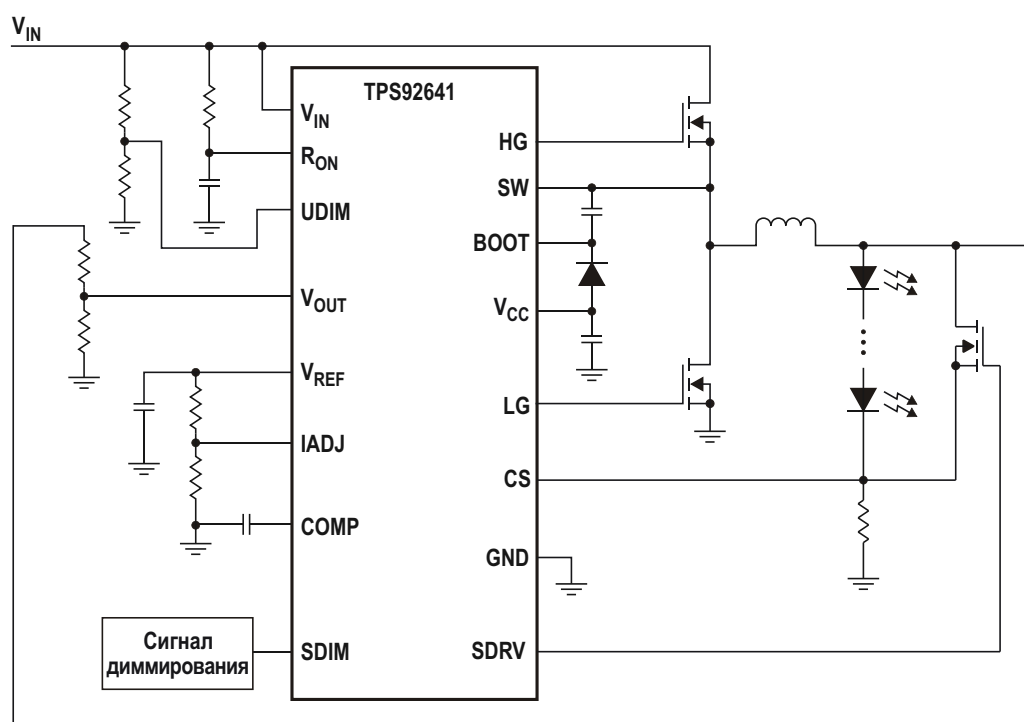
ют его в ШИМ сигнал управления яркостью. Частота ШИМ постоянна, а коэффициент заполнения пропорционален уровню входного аналогового напряжения.

Такое смешанное управление очень полезно в тех приложениях освещения, где отсутствует управляющий микроконтроллер. Оно может также использоваться для реализации прогрессирующего ограничения тока, когда ток светодиода уменьшается ШИМ-диммированием, если температура платы светодиодов превысит установленный предел.

## Диммирование шунтирующим МОП-транзистором

Шунтирующим МОП-транзистор нередко используется при очень высокой частоте импульсов ШИМ. На Рисунке 4 изображена схема диммирования шунтирующим МОП-транзистором, основанная на понижающем регуляторе. Внешний шунтирующий МОП-транзистор включен параллельно светодиодной цепочке, чтобы быстро обходить (закорачивать) выходной ток преобразователя. При открытом МОП-транзисторе цепочка светодиодов выключается, а при закрытом – включается. Таким образом, этот шунтирующий МОП-транзистор эффективно выполняет функцию ШИМ-регулятора яркости. В некоторые микросхемы драйверов светодиодов интегрированы драйверы затворов MOSFET, позволяющие сократить количество необходимых внешних микросхем.

Во время шунтирования МОП-транзистором ток дросселя импульсного регулятора не прерывается. Кроме того, отсутствуют задержки, связанные с нарастанием и спадом тока дросселя. При подключении к хорошему драйверу MOSFET шунтирующий МОП-транзистор может включаться и выключаться с очень высокими скоростями. Следо-



**Рисунок 4.** В этой схеме диммирование реализуется с помощью МОП-транзистора, включенного параллельно цепочке светодиодов.

вательно, ток светодиода имеет очень крутые фронты нарастания и спада. Шунтирование МОП-транзистором идеально подходит для приложений, диммируемых высокочастотными импульсами ШИМ.

Диммирование очень важно для получения требуемого цвета и яркости в приложениях смешения цветов. Существует множество способов управления яркостью светодиодов, из которых два основных – это аналоговое и ШИМ диммирование. Схема аналогового регулирования яркости отличается относительной простотой. Аналоговое диммирование обычно дешевле и подходит для систем без управляющих микроконтроллеров. Однако оно может быть неприемлемо для прило-

жений, требующих постоянства цветовой температуры. В противоположность аналоговому способу, с помощью ШИМ диммирования можно достичь очень высокой точности цветовой температуры, сведя к минимуму изменения цвета, связанные с током светодиодов. Для ШИМ диммирования, как правило, требуется входной цифровой сигнал, формируемый микроконтроллером, что увеличивает стоимость системы. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM3409](#)
2. [Datasheet Texas Instruments TPS92641](#)
3. [Datasheet Texas Instruments TPS92660](#)

# Изоляция и защита шин интерфейсов CAN и CAN-FD

Lou Frenzel

Electronic Design

**И**спользуемые во многих системах для коммуникационных целей интерфейсы CAN уязвимы для высоковольтных бросков напряжения. Однако некоторые устройства могут помочь защититься от этих проблем.

CAN (Controller Area Network – сеть контроллеров) – это очень популярная последовательная шина, широко используемая в автомобилях, средствах промышленной автоматизации и других промышленных приложениях. Более новая усовершенствованная версия, названная CAN-FD (гибкая скорость передачи данных), обеспечивает более высокие скорости и другие улучшения.

Как обнаружили многие разработчики, CAN часто требует электрической изоляции между узлами и защиты от высоковольтных выбросов, которые регулярно происходят в автомобильном и промышленном оборудовании. Некоторые из недавно анонсированных приемопередатчиков CAN теперь поддерживают последнюю спецификацию CAN-FD, и, кроме того, имеют необходимую изоляцию. Решения для защиты могут также быть основаны на внешних дискретных компонентах, подключаемых к шине.

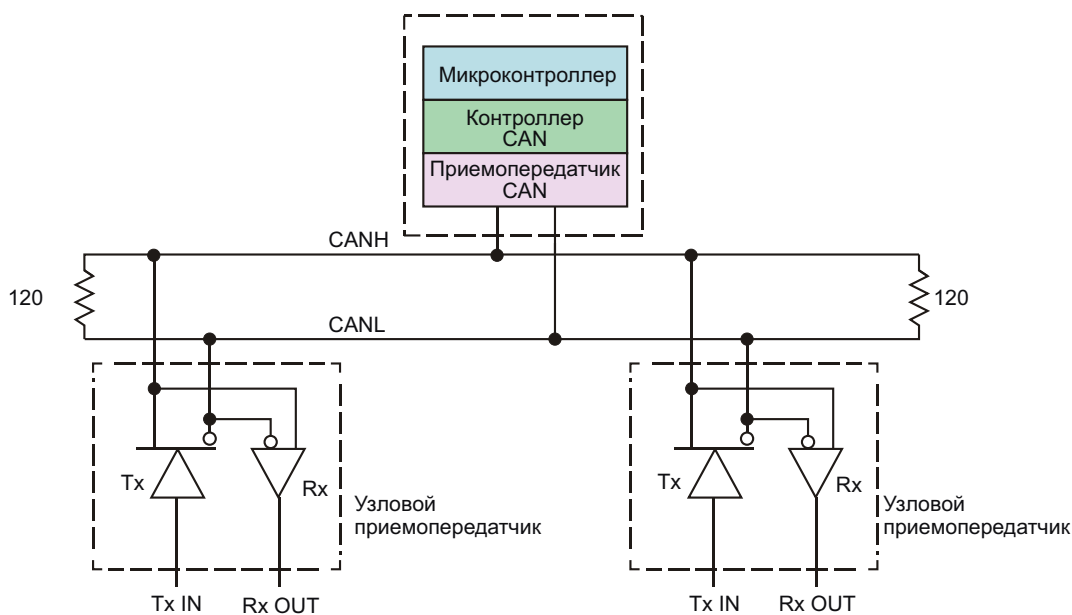
## Знакомство с CAN

CAN – это стандарт последовательного интерфейса, разработанный компанией Robert Bosch и одобренный Сообществом автомобильных инженеров (SAE) еще в 1980-х

годах. С тех пор, благодаря своей гибкости и надежности, он стал широко использоваться в транспортных средствах и многих промышленных приложениях. Топология интерфейса представляет собой дифференциальную шину с экранированной или неэкранированной витой парой, к которой может быть подключено до 127 узлов. Все узлы являются приемопередатчиками, способными посылать и получать данные. Выпускаются стандартные микросхемы приемопередатчиков, но многие микроконтроллеры имеют интегрированный интерфейс CAN (Рисунок 1).

Данные передаются кадрами, состоящими из 8 байт данных, адресного поля, поля контрольной суммы CRC и других служебных полей. Скорость передачи данных не фиксирована и, начинаясь с 5 кбит/с, может достигать 1 Мбит/с. Максимальная длина шины при скорости 1 Мбит/с равна 40 м. Используется множественный доступ к шине с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий (CSMA/CD). CAN имеет ряд разновидностей, таких как CAN-FD, CANopen и SAE J1939. Используются также обозначения ISO-11898 и ISO-11519, присвоенные Международной организацией по стандартизации (ISO).

CAN-FD (ISO-11898-1) – это новейшая версия, которая увеличивает скорость передачи данных до 5 Мбит/с и выше, что делает систему более адаптированной к приложениям реального времени, требующим более



**Рисунок 1.** Топология шины CAN, к которой подключены микроконтроллер с интерфейсом CAN и другие приемопередающие узлы.

низкой задержки и большего детерминизма. Кадр большего размера теперь вмещает 64 байта данных.

### Необходимость изоляции

Помимо широкого распространения в автомобильных приложениях, интерфейс CAN используется в системах промышленной автоматизации, драйверах двигателей переменного и постоянного тока, каналах обмена ПЛК, источниках питания телекоммуникационного оборудования, системах отопления и кондиционирования, лифтах, солнечных инверторах и зарядных станциях электрических автомобилей. В некоторых случаях в оборудовании имеются низко- и высоковольтные сегменты, которые должны быть изолированы друг от друга, чтобы защитить низковольтные компоненты от повреждения.

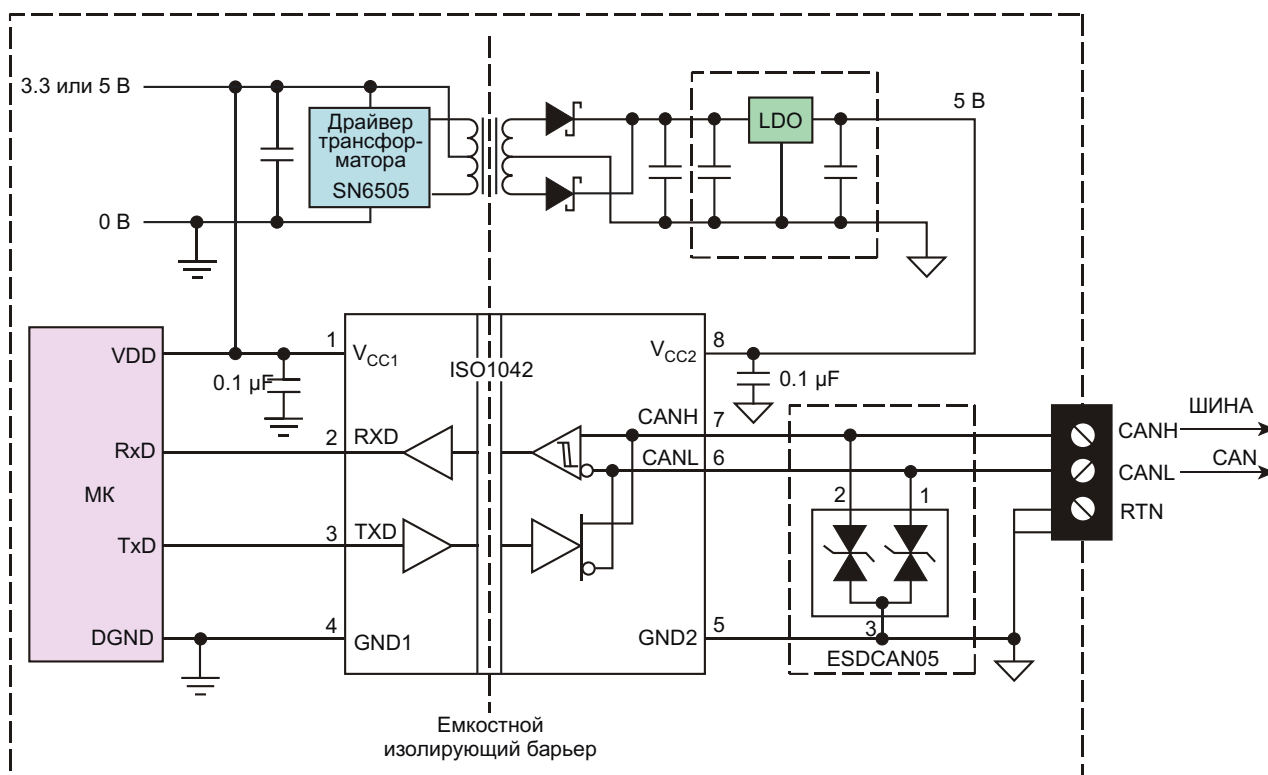
Высоковольтные двигатели, коммутаторы, источники питания и другое оборудование могут генерировать помехи амплитудой в сотни и тысячи вольт. Высоковольтный сигнал, попадающий в низковольтную подсистему, потенциально может уничтожить микроконтроллер. Способом решения этой проблемы является использование изолированных приемопередатчиков и отдельных источников питания с их собственными возвратными землями.

### Изоляция

В современных системах CAN необходимо изолировать как сигналы, так и питание. Изоляция реализуется в приемопередатчике, но ее эффект пропадет, если блоки питания по разные стороны изолирующего барьера будут просто соединены друг с другом.

Во многих новых приемопередатчиках CAN используется емкостная изоляция между входами и выходами данных и цепями подключения шины. Два слоя двуокиси кремния образуют два последовательно соединенных конденсатора, через которые передаются данные между схемами, расположенными на двух разных кристаллах, соединенных внутри корпуса.

Примером может служить ISO1042 – выпущенный компанией Texas Instruments новый изолированный приемопередатчик CAN, обеспечивающий емкостную изоляцию и защиту практически любых промышленных и автомобильных конструкций. Устройство, отвечающее требованиям стандартов физического уровня ISO 11898-2 и ISO 11898-5, поддерживает стандарты CAN до 1 Мбит/с и CAN-FD до 5 Мбит/с. Защита шины выдерживает напряжения  $\pm 70$  В и синфазные напряжения  $\pm 30$  В. Диапазон напряжений питания составляет от 1.7 В до 5.5 В. Поддерживают-



**Рисунок 2.** Так выглядит изолированный узел CAN с изолированным источником питания и изолированным приемопередатчиком.

ся логические уровни 1.8, 2.5, 3.3 и 5.0 В. Микросхема ISO1042 выпускается в корпусах SOIC-8 или SOIC-16.

Реализация разделенного источника обеспечивает дополнительный уровень изоляции. Один из подходов с использованием устройства Texas Instruments показан на Рисунке 2. Микросхема генератора/драйвера SN6505 формирует 100-килогерцовый сигнал для трансформатора, выходное напряжение которого, преобразованное до требуемого уровня, затем выпрямляется и фильтруется. Трансформатор обеспечивает необходимую изоляцию питания. Отфильтрованное напряжение стабилизируется LDO регулятором (таким, скажем, как TPS76350) и питает приемопередатчик CAN. Узловые приемопередатчики и выводы интерфейса CAN микроконтроллера подключаются к шине через дифференциальные линии CANL и CANH.

Для упрощения процесса проектирования изолированных подсистем CAN и изоляции сигналов и питания CAN выпускаются различные устройства, как дискретные, так и интегральные.

## Защита шины CAN

Изолированные системы обеспечивают нормальную защиту микросхем. Однако в некоторых условиях могут возникать проблемы электростатических разрядов (ESD), высокий уровень которых способен повредить приемопередатчик. По этой причине шина должна быть каким-то образом защищена. При этом крайне важно, чтобы выбранное устройство защиты интерфейса было совместимо с приемопередатчиком.

Наилучшим решением для защиты является использование супрессоров (TVS-диодов), подключенных между каждой линией шины и землей (Рисунок 2). Эти диоды фактически представляют собой два встречно включенных стабилитрона с высоким пробивным напряжением. Максимально допустимое напряжение на выводах приемопередатчиков зависит от типа микросхемы.

Приемопередатчик ISO105 компании TI выдерживает напряжения в диапазоне от  $\pm 27$  В до +40 В. ISO1042 рассчитан на броски напряжения до  $\pm 70$  В. Максимальное пробив-

ное напряжение супрессоров должно быть меньше этих значений, но больше рабочего напряжения сигналов на шине. Обычно два логических уровня шины составляют менее половины напряжения питания «0» и напряжения питания «1».

Не забывайте, что добавление TVS-диодов обеспечивает защиту от ESD, но одновременно добавляет к шине емкость, ограничивающую верхние скорости передачи данных. Необходимо, чтобы дополнительная емкость была меньше 50 пФ. **РЛ**

# Простой контроллер заряда для солнечной панели

Олег Дмитриевич Левашов, Москва-Вена-Брешия



## Аннотация

Вниманию читателей предлагается контроллер заряда фотоэлектрических систем при токе заряда до 8А и напряжении аккумуляторов 12 В. Контроллер оптимизирует процесс заряда, не допуская перезаряда аккумуляторов в широком диапазоне освещенности и температуры панели. Контроллер содержит доступные компоненты общей стоимостью менее 3 долларов (менее 200 рублей). Несколько устройств в течение 6 месяцев эксплуатируются с панелями, имеющими максимальную мощность от 40 до 100 ватт.

## Вступление

Несмотря на привлекательность идеи солнечной энергетики, ее реальное внедрение в энергоснабжение сельских и дачных домов условно рентабельно только на широтах Краснодарского края и южнее. Тем не менее, энтузиасты приобретают солнечные панели с максимальной мощностью от 40 до 100 ватт и пробуют использовать системы на

их основе в качестве резервного источника питания для аварийного освещения и компьютерной техники. Как правило, эти люди обладают руками, растущими из правильного места, и знают практическую электронику. Им и адресуется эта статья.

## Описание схемы устройства

Известно, что для эффективного отбора мощности контроллер должен отслеживать точку максимальной мощности солнечной панели, то есть точку, в которой и напряжение и ток, отдаваемые панелью, максимальны. Универсальные промышленные контроллеры, отслеживающие положение рабочей точки и рассчитанные на широкий диапазон мощностей солнечных панелей, собранных в батареи, достаточно дороги и избыточны в случае эксплуатации одиночной панели.

Точка максимальной мощности и температурный диапазон эксплуатации указываются в паспортных данных качественных панелей.

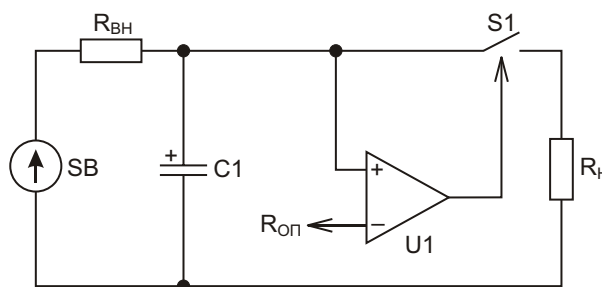


Рисунок 1. Блок-схема контроллера солнечной панели.



При проектировании предлагаемого контроллера реализованы обе основных задачи эксплуатации – непрерывное поддержание батареи в точке максимальной мощности и температурная коррекция положения рабочей точки.

Блок-схема контроллера представлена на Рисунке 1 и содержит эквивалент солнечной батареи в виде источника тока  $S_B$ , обладающего внутренним сопротивлением  $R_{BH}$ .

При отсутствии внешнего освещения  $R_{BH}$  стремится к бесконечности, а ток к нулю. При росте освещенности  $R_{BH}$  стремится к нулю, а ток к максимальному, технически допустимому значению.

Рассмотрим работу схемы. В исходном состоянии (при отсутствии освещения) конденсатор  $C1$  разряжен, на выходе компаратора  $U1$  присутствует «1», ключ  $S1$  разомкнут.  $U_{оп}$  равно паспортному значению точки максимальной мощности солнечной панели.

При росте освещенности конденсатор  $C1$  начинает заряжаться через внутреннее сопротивление солнечной панели. Когда напряжение на  $C1$  превышает опорное напряжение, на выходе компаратора появляется «0», замыкающий ключ  $S1$ .

Конденсатор  $C1$  разряжается через  $S1$  на нагрузку  $R_H$ , после чего процесс повторяется.

Чем выше освещенность, тем чаще повторяется описанный выше процесс.

По сути, мы имеем релаксационный генератор – преобразователь освещенности в частоту.

В практической схеме частота следования импульсов тока составляет единицы герц на рассвете и в сумерки, до десятков килогерц при максимальной освещенности, что обеспечивает широкий динамический диапазон работоспособности контроллера.

Принципиальная схема контроллера представлена на Рисунке 2.

Поскольку ранее мы подробно разобрали алгоритм работы контроллера, то остановимся только на нескольких моментах.

1. Схема гарантированно работоспособна с 12-вольтовыми солнечными панелями мощностью от 40 Вт до 100 Вт, имеющими напряжение холостого хода не более 22 В, номинальное напряжение, соответствующее точке максимальной мощности 17-18 В и номинальный ток 2...8 А.
2. Компаратор  $U1-2$  срабатывает при напряжении на аккумуляторной батарее

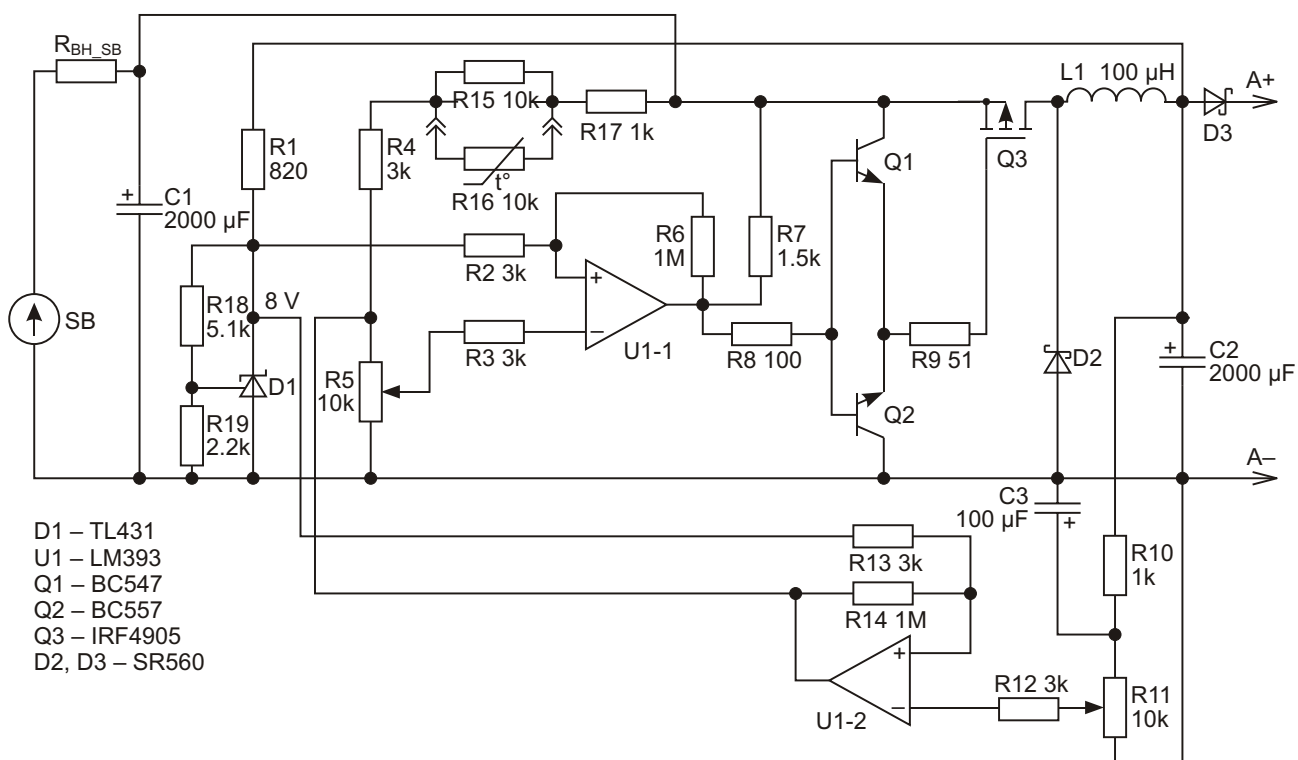


Рисунок 2. Принципиальная схема контроллера солнечной панели.

выше 14.4 вольт, принудительно ограничивая длительность импульсов зарядного тока, что предотвращает перезаряд аккумулятора.

3. Питание компаратора и источника опорного напряжения производится с выхода устройства, что гарантирует автоматическое отключение контроллера при отключении аккумулятора.

## Настройка схемы

Перед началом настройки временно разорвите цепь выхода компаратора U1-2.

Вместо термистора подключите сопротивление 8.2 кОм, примерно равное сопротивлению 10-килоомного термистора при температуре 25 градусов Цельсия. Если вы не планируете использовать термокомпенсацию точки максимальной мощности, или расстояние от панели до контроллера больше 2 метров, резисторы R15, R17 и термистор R16 могут быть удалены без ущерба для работоспособности схемы. При этом резистор R4 подключается к плюсовой шине.

Операции настройки выполняются в следующей последовательности:

1. Подключите к выходу контроллера заряженную примерно на 50-60% аккумуляторную батарею небольшой мощности, например 7 А·ч от источника бесперебойного питания. Как правило, такие аккумуляторы есть в арсенале мастера.

2. Проверьте наличие опорного напряжения 8 В.

3. Подключите к входу контроллера регулируемый источник 10-24 В с током до 2 А через сопротивление 5 Ом, имитируя подключение солнечной батареи.

4. Медленно поднимая напряжение, контролируйте состояние выхода компаратора U1-1. Если при напряжении, равном номинальному напряжению панели, например 17.2 В, с которой будет использоваться контроллер, на выходе U1-1 все еще будет высокий потенциал, регулируйте R5 до возникновения автоколебаний.

5. Далее контролируя напряжение на конденсаторе C1 и увеличивая входное напряжение, убеждаемся, что напряжение на конденсаторе C1 остается неизменным и равным номинальному напряжению солнечной панели. При помощи осциллографа убедитесь, что форма сигнала на стоке Q3 близка к показанной на Рисунке 3.

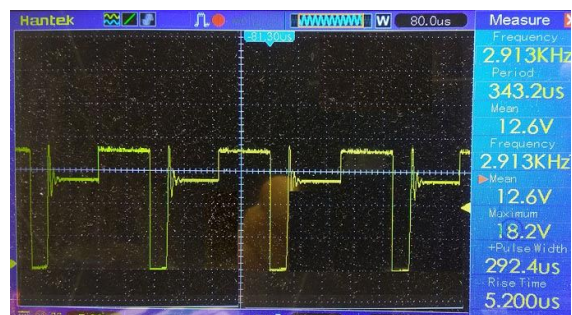


Рисунок 3. Форма сигнала на стоке Q3.

6. Напряжение на аккумуляторе начнет расти. Когда оно достигнет 14.5 В, прекратите настройку, отключите аккумулятор и источник питания. Восстановите соединение выхода компаратора U1-2 с элементами схемы.

7. Подключите аккумулятор и источник питания. Если форма импульсов изменилась, и ток заряда резко упал, регулируйте R10 до тех пор, пока изменение ограничения зарядного тока не будет наступать при напряжении на заряжаемом аккумуляторе 14.4 В.

На этом настройка может считаться законченной.

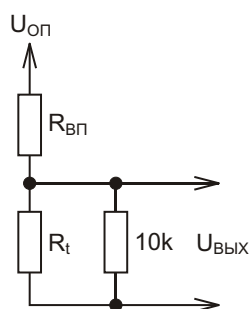
## Конструктивные особенности

При максимальном токе более 3 А для транзистора Q3 желателен радиатор. Разумеется, полевой транзистор сохранит работоспособность без заметного ухудшения характеристик при температурах до 100 градусов, но если вы хотите получить надежно работающий прибор, радиатор необходим.

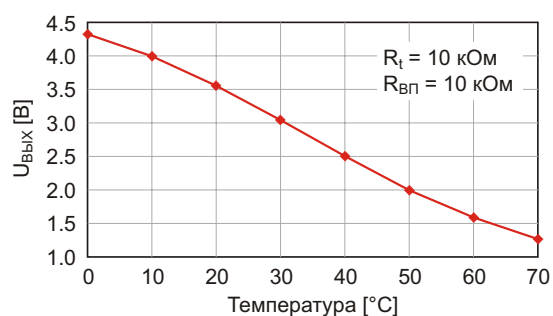
В качестве дросселя L1 использован дроссель режекторного фильтра от блока питания компьютера. Обмотки дросселя соединены последовательно. При токах более 5 А дроссель может нагреваться до 60 градусов, но это не влияет на надежность устройства.

## К вопросу о линейаризации характеристики термистора

В процессе разработки схемы контроллера были исследованы различные варианты управления положением рабочей точкой контроллера при помощи измерения температуры панели. В одной из моделей использовалась более сложная схема термокомпенсации, основанная на суммирующем ОУ для сложения опорного напряжения с выход-



**Рисунок 4.** Схема линейзации датчика температуры.



**Рисунок 5.** График зависимости выходного напряжения датчика от температуры.

**Таблица 1.** Зависимость выходного напряжения датчика от температуры при  $R_t = 10$  кОм

T [°C]	$R_t$ [кОм]	$R_e = R_t    10k$ [кОм]	$U_{Вых}$ [В]
0	32.0	7.62	4.32
10	19.9	6.66	4.00
20	12.3	5.52	3.56
30	7.8	4.38	3.05
40	5.0	3.33	2.50
50	3.32	2.49	1.99
60	2.3	1.87	1.58
70	1.68	1.44	1.26

ным напряжением температурного датчика на термисторе. Это решение не применяется в описываемом контроллере, но автор считает полезным упомянуть его в рамках данной статьи.

Наилучшая линейзация выходного сигнала датчика получается при включении тер-

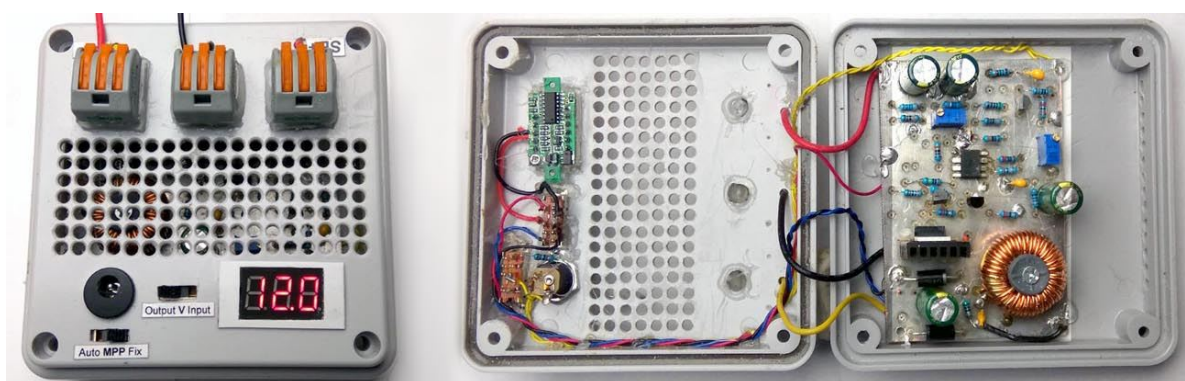
мистора по схеме, приведенной на Рисунок 4. Динамический диапазон изменения выходного сигнала сужается, чувствительность термистора при этом существенно не ухудшается, оставаясь постоянной в широком диапазоне температур.

В Таблице 1 и на Рисунок 5 приведены результаты компьютерного моделирования термисторного датчика температуры. Как мы можем видеть, в рабочем диапазоне температур выходной сигнал практически линеен.

Внешний вид и конструкция контроллера показаны на Рисунок 6. [РЛ](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM393](#)
2. [Datasheet Texas Instruments TL431](#)
3. [Datasheet Infineon IRF4905](#)
4. [Datasheet Won-Top Electronics SR560](#)



**Рисунок 6.** Конструкция контроллера солнечной панели.

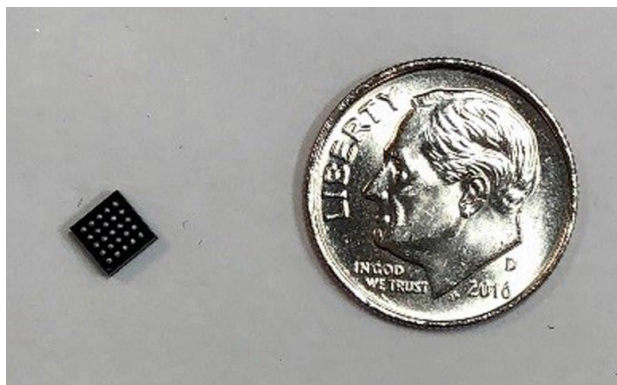
# Сверхминиатюрный микромодуль регулятора с выходным током 1.2 А

Austin Luan, Analog Devices

Design Note 580

## Введение

На переполненных прикладных платах остается мало места для размещения эффективных DC/DC преобразователей. Кроме того, при больших плотностях компонентов серьезной проблемой становятся электромагнитные помехи, ограничивающие круг выбора приемлемых решений для питания устройства. Легко обойти эти ограничивающие факторы позволяет микромодуль регулятора LTM8074. Небольшая площадь модуля дает возможность разместить его на свободном месте верхней стороны печатной платы, а низкий профиль – и на нижней. Без использования дополнительной фильтрации и элементов экранирования устройство, основанное на архитектуре Silent Switcher, удовлетворяет самым строгим требованиям стандартов, регламентирующих уровни ЭМИ, упрощая разработку и массовое производство.



**Рисунок 1.** Микромодуль LTM8074 с архитектурой Switcher Architecture позволяет создавать законченные малошумящие решения.

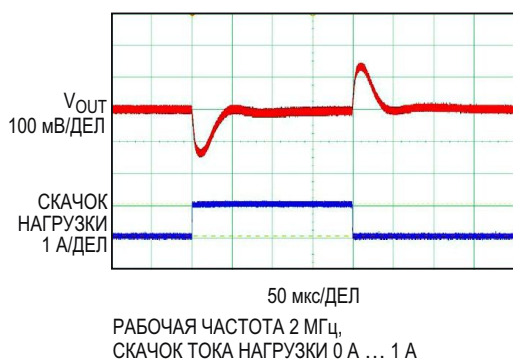
## Микромодуль Silent Switcher с выходным током 1.2 А

LTM8074 является законченным понижающим импульсным DC/DC источником питания с ультранизким уровнем излучаемых помех и высокими допустимыми напряжениями на входе и выходе. В низкопрофильном корпусе BGA с размерами 4 мм × 4 мм × 1.9 мм, отвечающем требованиям директивы RoHS, размещены контроллер, силовые ключи, дроссель и все компоненты поддержки (Рисунок 1), что позволяет размещать устройство на неиспользуемом месте с обратной стороны платы.

Диапазон входных напряжений LTM8074 составляет 3.4 В ... 40 В при выходных напря-



**Рисунок 2.** Преобразователь 12 В/5 В на основе LTM8074 с полной нагрузкой 1 А при комнатной температуре (23 °С) работает с незначительным перегревом.



**Рисунок 3.** При минимальной емкости выходного конденсатора (керамический,  $2 \times 4.7 \text{ мкФ}$ ) LTM8074 обеспечивает быстрый отклик на скачок тока нагрузки. ( $V_{IN} = 12 \text{ В}$ ,  $V_{OUT} = 3.3 \text{ В}$ ).

жениях от 0.78 В до 15 В. Выходное напряжение стабилизируется с высокой точностью при выходных токах до 1.2 А. Высокий КПД и корпус со сниженным тепловым сопротивлением обеспечивают отличные температурные характеристики и высокую плотность мощности. На Рисунке 2 представлена термограмма платы с модулем LTM8074 в режиме нагрузки, показывающая минимальный перегрев корпуса, обусловленный низким тепловым сопротивлением.

Архитектура внутренней схемы управления по пиковому току дросселя снижает время реакции на скачки тока и улучшает устойчивость контура регулирования. Рисунок 3 иллюстрирует высокую скорость отклика на переходные процессы в нагрузке и низкие пульсации выходного напряжения.

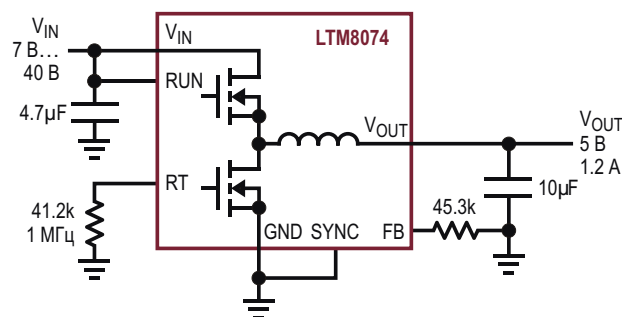
Использование модуля упрощено за счет оптимизированных цепей частотной коррекции, гарантирующих достаточный запас устойчивости в расширенном диапазоне рабочих режимов при различных емкостях выходных конденсаторов. Реализованная в LTM8074 архитектура Silent Switcher минимизирует уровни излучаемых помех, позволяя легко выполнять строгие требования стандартов электромагнитной совместимости.

### Занимает мало места

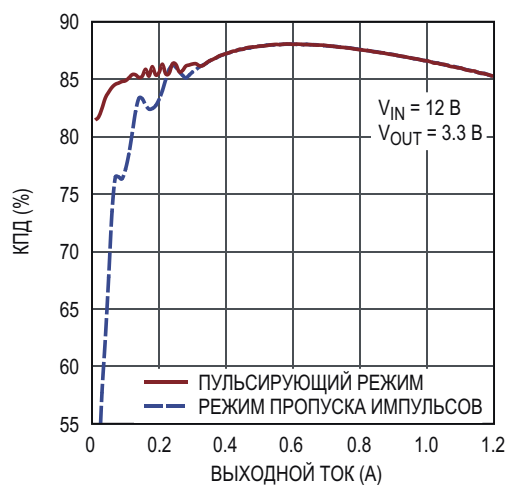
В компактный модуль LTM8074 интегрированы все компоненты поддержки, благодаря чему упрощается разводка платы и сокращаются размеры решения. Для создания законченной конструкции требуются только входной и выходной конденсаторы и резисторы для установки частоты и напряжения. Схема

типичного приложения и зависимость ее КПД от тока нагрузки приведены на Рисунках 4 и 5, соответственно.

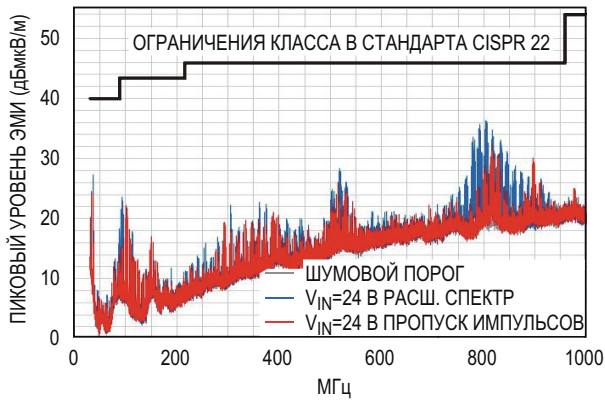
Хотя модуль LTM8074 является практически автономным встраиваемым регулятором, ряд конструктивных параметров может быть настроен в соответствии с требованиями конкретного приложения. Выходное напряжение и рабочая частота задаются резисторами, и, кроме того, возможна синхронизация схемы от внешнего источника. В LTM8074 программируются параметры мягкого запуска, выполняется слежение за выходным напряжением, имеется индикатор «Питание в норме», а также предусмотрено несколько режимов проводимости, включая режим пропуска импульсов, пульсирующий режим и режим модуляции для расширения спектра, повышающие КПД при легких нагрузках и снижающие уровни излучаемых помех.



**Рисунок 4.** Для создания преобразователя с входным напряжением 7...12 В, выходным напряжением 5 В и током нагрузки 1.2 А требуется минимальное количество компонентов.



**Рисунок 5.** Типовая зависимость КПД модуля LTM8074 от тока нагрузки.



**Рисунок 7.** Сравнение измеренных характеристик ЭМИ преобразователя 24 В/3.3 В с выходным током 1.2 А с требованиями Клас-са В стандарта CISPR 22. (Трехметровая вертикальная антенна; без фильтра ЭМИ).



**Рисунок 6.** Сравнение измеренных характеристик ЭМИ преобразователя 12 В/3.3 В с выходным током 1.2 А с требованиями Клас-са В стандарта CISPR 22. (Трехметровая вертикальная антенна; без фильтра ЭМИ).

## Сверхнизкие шумы: соответствие Классу В стандарта CISPR 22

Импульсные регуляторы по своей природе являются источниками электромагнитных излучений, поскольку их работа основана на переключениях тока, происходящих с довольно высокими скоростями. Достигнутый за счет использования запатентованной архитектуры Silent Switcher низкий уровень электромагнитных излучений делает ненужными такие неудобные способы подавления ЭМИ, как снижение частоты переключения, добавление фильтров или установка экранов. Для соответствия требованиям стандартов электромагнитной совместимости, таких как CISPR22 Класс В, микромодулю LTM8074 не требуются ни внешние схемы, ни специальные методы разводки печатной платы, что наглядно подтверждается Рисунками 6 и 7.

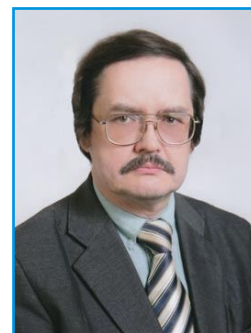
## Заключение

Компактный микромодуль LTM8074 для локализованных к нагрузке источников питания с выходным током 1.2 А охватывает широкий диапазон входных и выходных напряжений. Он основан на архитектуре Silent Switcher, снижающей уровень электромагнитных излучений, а также упрощающий проектирование и настройку, благодаря чему модуль удовлетворяет требованиям широкого круга приложений – от портативных устройств до перенасыщенных компонентами промышленных плат. [РЛ](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices LTM8074](#)

# Цифровые формирователи трехфазного напряжения с ШИМ-управлением



Михаил Шустов, г. Томск

*Рассмотрены схемы цифровых формирователей трехфазного напряжения регулируемой частоты с возможностью плавного управления шириной заполняющих выходной импульс высокочастотных сигналов в пределах от 1 до 99%.*

Формирователи трехфазных сигналов с возможностью регулирования частоты выходных сигналов и их интеграла мощности с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) известны из монографий и журнальных статей последних лет [1–3]. Несмотря на очевидный прогресс в совершенствовании схем устройств подобного назначения, они остаются избыточно сложными для повторения. Ниже приводятся две схемы относительно простых цифровых формирователей трехфазного напряжения регулируемой частоты с возможностью управления шириной заполняющих выходной импульс высокочастотных сигналов.

Формирователи трехфазных сигналов (Рисунки 1 и 2) построены по аналогичной структурной схеме и включают генератор импульсов повышенной частоты с независимой регулировкой частоты и скважности [4], делитель частоты, формирователь трехфазных сигналов и выходные каскады.

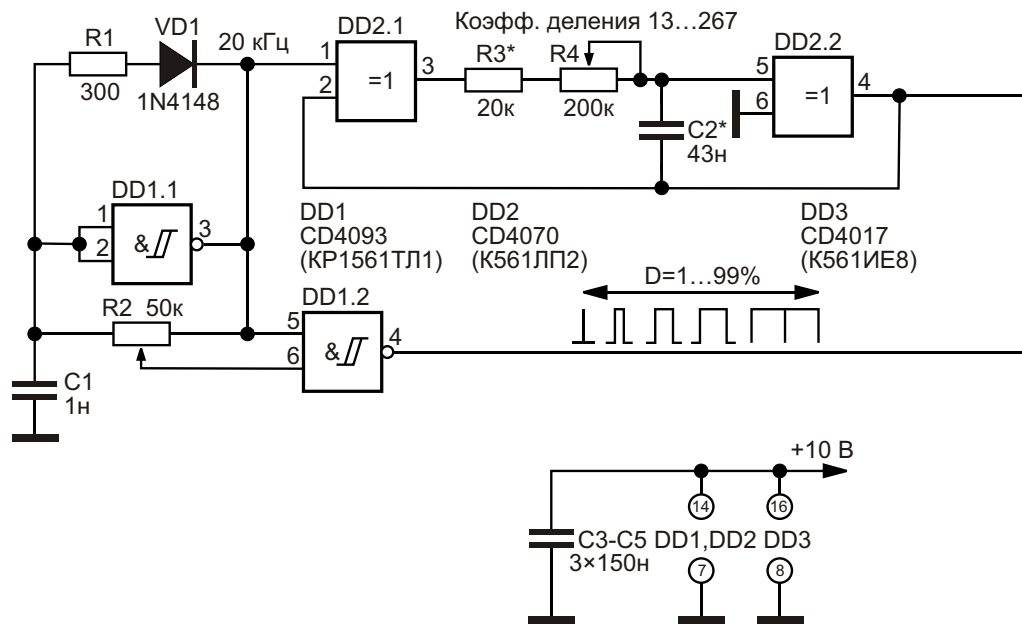
Формирователь, Рисунок 1, содержит собственно генератор прямоугольных импульсов на элементе DD1.1 микросхемы CD4093 (KP1561ТЛ1) с коэффициентом

заполнения, близким к 99%, работающий на частоте порядка 20 кГц. На элементе DD1.2 выполнен узел плавной регулировки ширины сигналов задающего генератора. Регулировка ширины импульсов (коэффициента заполнения  $D$ ) в пределах от 1 до 99% производится потенциометром R2.

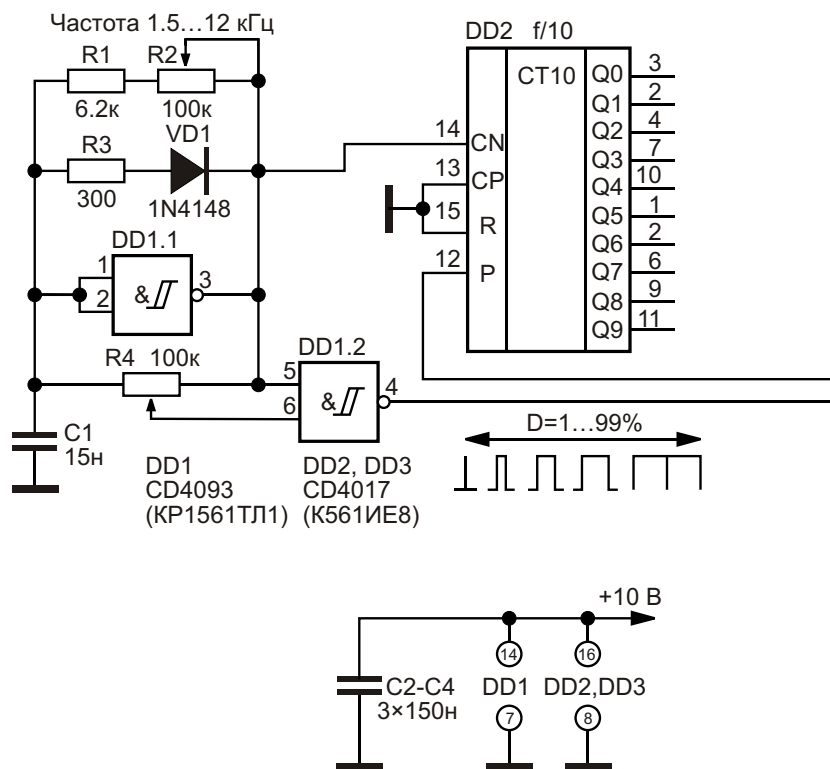
На элементах DD2.1 и DD2.2 микросхемы CD4070 (K561ЛП2) выполнен целочисленный делитель частоты входного сигнала, имеющий коэффициент деления примерно от 13 до 267. Этот коэффициент деления ступенчато задается плавной регулировкой потенциометра R4 и зависит от RC-постоянной времени  $(R3+R4)C2$ . Несмотря на то, что коэффициент деления меняется ступенчато, при больших значениях этого коэффициента ступенчатая перестройка частоты выходного сигнала несущественно отличается от плавной перестройки.

На микросхеме DD3 CD4017 (K561ИЕ8) выполнен делитель частоты входного сигнала на 3 и, одновременно, формирователь трехфазного напряжения.

Выходные каскады на каждую из фаз выполнены по идентичным схемам (блоки А,

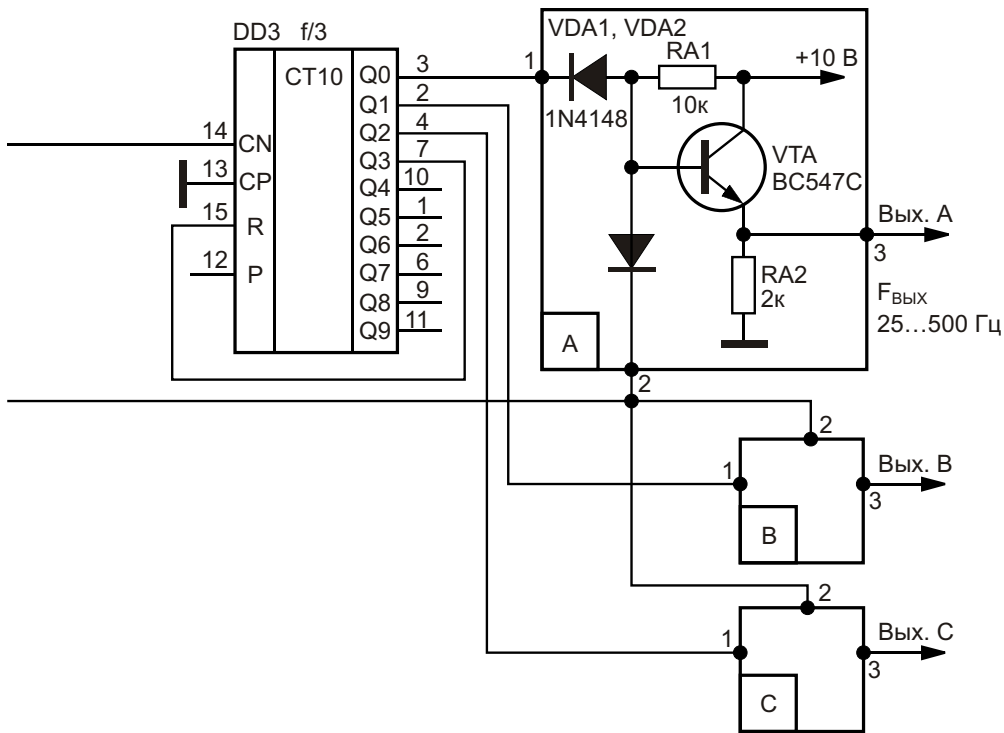


**Рисунок 1.** Формирователь трехфазного напряжения с мультистепучатым переключением импульс высокочастотных сигналов.

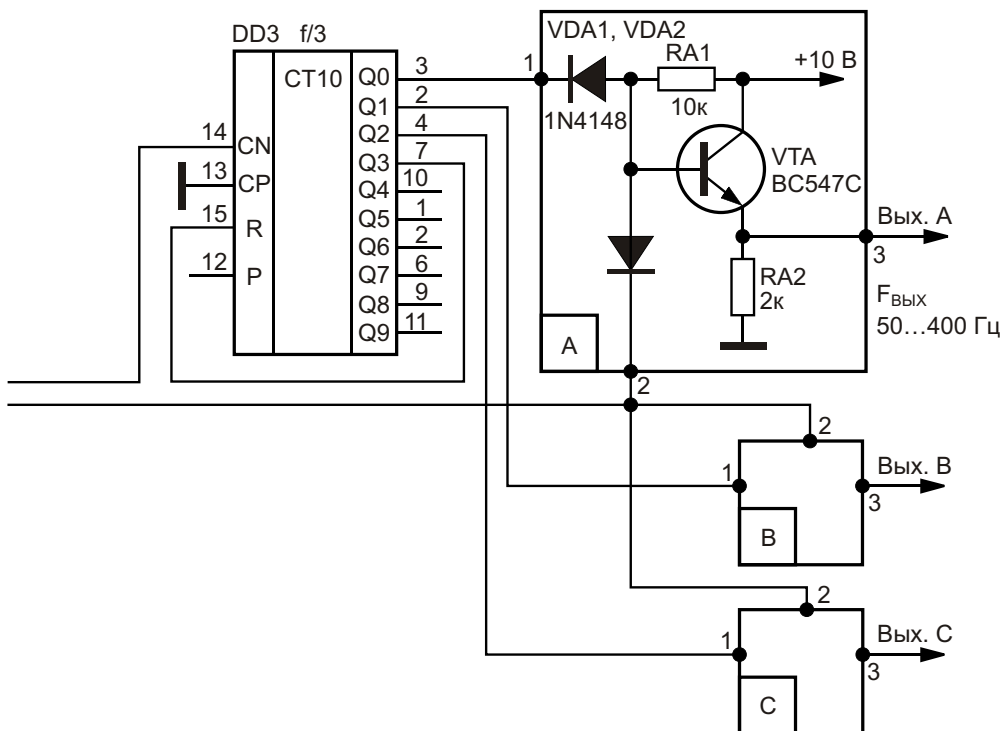


**Рисунок 2.** Формирователь трехфазного напряжения с плавной перестройкой частоты выходных сигналов.





*частоты выходных импульсов и независимым управлением ширины заполняющих выходной*



*импульсов и независимым управлением ширины заполняющих выходной импульс высокочастотных*

В и С). На вход каждого из этих каскадов поступает сигнал соответствующей фазы (А, В и С) частотой 25...500 Гц и, одновременно, сигнал частотой порядка 20 кГц, плавно регулируемый по коэффициенту заполнения от 1 до 99%. В итоге на выходах (А, В и С) устройства формируются серии высокочастотных (~20 кГц) импульсов регулируемой ширины (от 1 до 99%) в пределах длительности низкочастотных (25...500 Гц) трехфазных сигналов.

Второй формирователь трехфазного напряжения, Рисунок 2, имеет генератор импульсов с независимой регулировкой частоты и скважности [4], выполненный на элементах DD1.1 и DD1.2 микросхемы CD4093 (КР1561ТЛ1). Генератор работает на частоте 1.5...12 кГц (перестройка потенциометром R2). Регулировка коэффициента заполнения D производится потенциометром R4 в пределах от 1 до 99% и совершенно не зависит от частоты генерации.

Сигнал с выхода задающего генератора поступает на вход двухступенчатого делителя частоты, выполненного на микросхемах DD2 и DD3 CD4017 (К561ИЕ8). Второй каскад делителя (микросхема DD3) одновременно выполняет функции формирователя трехфазного напряжения. Итоговый коэффициент деления частоты равен 30 (10×3).

Выходные каскады устройства, Рисунок 2, выполнены по схеме, идентичной приведенной ранее на Рисунке 1.

В итоге на выходе формирователя трехфазного напряжения, Рисунок 2, формируются серии из 30 высокочастотных (1.5...12 кГц) импульсов регулируемой ширины (от 1 до 99%) в пределах длительности низкочастотных (50...400 Гц) трехфазных сигналов. **РЛ**

## Литература

1. Нарыжный В. Источник питания трехфазного электродвигателя от однофазной сети с регулировкой частоты вращения // Радио. – 2003. – № 12. – С. 35–37.
2. Герасимов Е. Задающий генератор регулятора частоты для трехфазного асинхронного двигателя // Радио. – 2017. – № 5. – С. 32–33.
3. Шустов М.А. Основы силовой электроники. – СПб.: Наука и Техника, 2017. – 336 с.
4. Шустов М.А. [Генератор импульсов с независимой регулировкой частоты и скважности.](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4017B](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD4070B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD4093B](#)

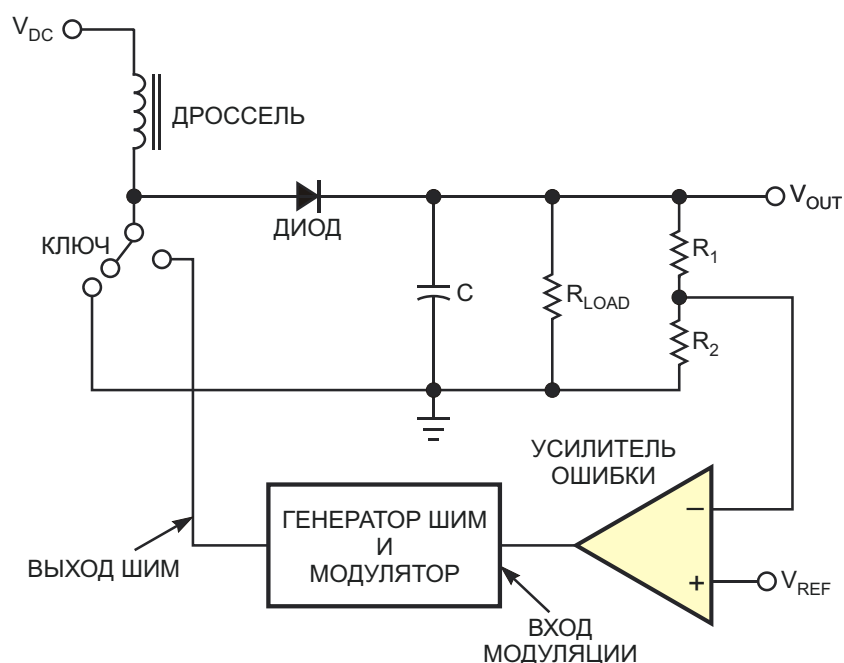
# Два повышающих DC/DC преобразователя на основе маленького микроконтроллера

Dhananjay Gadre

EDN

**В** наше время батареи являются распространенными источниками питания портативных систем, в том числе систем, основанных на микроконтроллерах. Многие микроконтроллеры работают при низких напряжениях питания, таких как 1.8 В. Это значит, что для питания схемы достаточно двух элементов AA или AAA. Но, если в схеме используются более высокие напряжения, скажем, для

светодиодной подсветки жидкокристаллического дисплея, которая требует приблизительно 7.5 В, напряжение источника питания, например, 3 В, необходимо повысить до нужного значения, воспользовавшись подходящей микросхемой DC/DC преобразователя. Однако сделать вполне работоспособный повышающий DC/DC преобразователь напряжения можно и на основе микрокон-



**Рисунок 1.** Выходное напряжение повышающего импульсного регулятора выше входного напряжения. Регулятор работает либо в режиме CCM (режим непрерывной проводимости), либо в режиме DCM (режим прерывистой проводимости).

троллера [1], добавив к нему несколько дискретных компонентов.

В этой статье показано, как создать даже не один, а два DC/DC преобразователя с помощью одного крошечного восьмивыводного микроконтроллера и нескольких дискретных компонентов. Схема масштабируема, и может быть адаптирована под широкий диапазон выходных напряжений просто путем изменения управляющей программы микроконтроллера. Можно даже запрограммировать любую нужную скорость нарастания выходного напряжения при включении. На Рисунке 1 показана базовая топология повышающего импульсного преобразователя. Выходное напряжение такого регулятора больше, чем входное. Повышающий импульсный регулятор работает либо в режиме ССМ (continuous-conduction mode – режим непрерывной проводимости), либо в режиме DCM (discontinuous-conduction mode – режим прерывистой проводимости). Проще установить режим DCM [2]. Названия режимов происходят из того факта, что в режиме DCM ток дросселя в течение некоторого времени внутри каждого периода ШИМ спадает до нуля; в режиме ССМ он никогда не равен нулю. Максимальный ток  $I_{L_{MAX}}$  протекает через дроссель в конце активного состояния импульса ШИМ (когда ключ открыт) и равен

$$I_{L_{MAX}} = \frac{V_{DC}DT}{L}, \quad (1)$$

где

$V_{DC}$  – входное напряжение;

$D$  – коэффициент заполнения импульсов ШИМ;

$T$  – полная длительность периода ШИМ;

$L$  – индуктивность дросселя.

Ток диода спадает до нуля за время  $T_R$ .

$$T_R = \frac{V_{DC}DT}{V_{OUT} - V_{DC}}. \quad (2)$$

Ток нагрузки, равный среднему току диода,

$$I_{LOAD} = \frac{I_{L_{MAX}} T_R}{2T}, \quad (3)$$

после подстановки (1) и (2) и упрощения можно выразить формулой:

$$I_{LOAD} = \frac{V_{DC}^2 D^2 T}{2L(V_{OUT} - V_{DC})}. \quad (4)$$

Выходное напряжение  $V_{OUT}$  равно

$$V_{OUT} = V_{DC} \left( 1 + \frac{V_{DC} D^2 T}{2L I_{LOAD}} \right). \quad (5)$$

Емкость выходного конденсатора, определяющую напряжение пульсаций, можно найти из соотношения

$$\frac{dV}{dt} = \frac{I}{C}, \quad (6)$$

где

$dV/dt$  – спад выходного напряжения за время периода сигнала ШИМ;

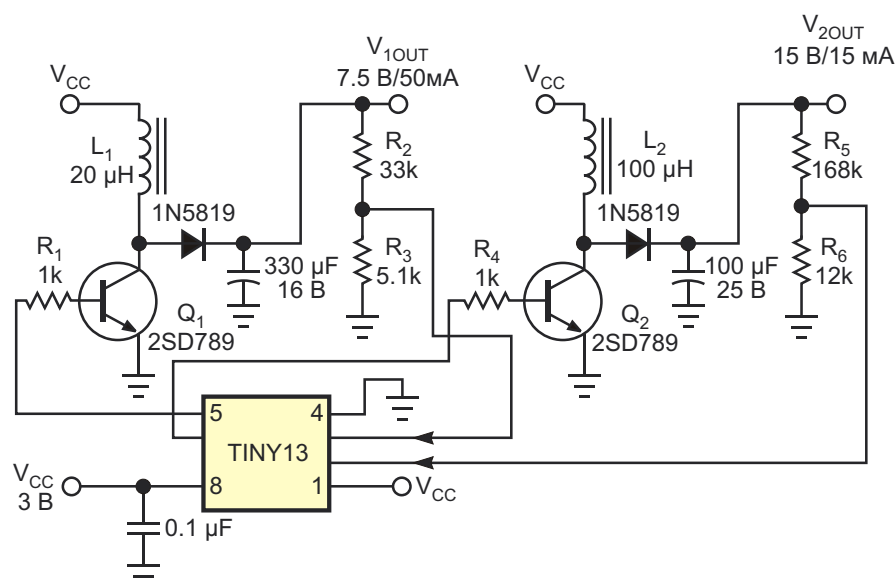
$I$  – ток нагрузки;

$C$  – требуемая емкость выходного конденсатора.

Общий период сигнала ШИМ равен  $T$  и является системной константой. Для режима DCM должно выполняться условие  $T > D \times T + T_R$ . Разность между  $T$  и  $(D \times T + T_R)$  представляет собой мертвое время.

В качестве ключа, коммутирующего дроссель, обычно используется биполярный транзистор или MOSFET. MOSFET предпочтительнее из-за его способности пропускать большие токи, лучшего КПД и более высокой скорости переключения. Однако при низких напряжениях трудно найти подходящий MOSFET с достаточно низким пороговым напряжением затвор-исток, и он может быть достаточно дорогим. Поэтому в схеме используется биполярный транзистор (Рисунок 2).

Микроконтроллеры поддерживают частоты ШИМ от 10 кГц до значений, превышающих 200 кГц. Желательно, чтобы частота ШИМ была высокой, поскольку это позволяет использовать дроссели с меньшей индуктивностью и, соответственно, меньшего размера. Микроконтроллер ATtiny13 имеет режим «быстрой» ШИМ с частотой примерно 37.5 кГц и разрешением 8 бит. Чем выше разрешение ШИМ, тем с большей точностью можно установить выходное напряжение. Максимальный ток дросселя, согласно (1), при индуктивности 20 мкГн равен 0.81 А. Допустимый ток транзистора, коммутирующего дроссель, должен быть больше этого значения. Максимальный коллекторный ток n-p-n транзистора 2SD789 составляет 1 А, так что для данного DC/DC преобразователя он вполне подходит. Наибольший ток нагрузки,



**Рисунок 2.** Используя внутренние АЦП и таймеры, микроконтроллер ATtiny13 управляет двумя повышающими DC/DC преобразователями.

достижимый при выбранных компонентах, как следует из (4), равен 54 мА, что соответствует требованиям в части максимального выходного тока для канала 7.5 В.

Микроконтроллер ATtiny13 содержит два высокоскоростных канала ШИМ и четыре канала 10-битного АЦП. Остальные каналы ШИМ и АЦП использованы в схеме второго DC/DC преобразователя с выходным напряжением 15 В и максимальным током нагрузки 15 мА. Индуктивность дросселя преобразователя равна 100 мкГн. Емкость выходного конденсатора можно рассчитать с помощью формулы (6). Если задаться амплитудой пульсаций 5 мВ, для выходного напряжения 7.5 В при токе нагрузки 50 мА и периоде ШИМ 27 мкс потребуются конденсатор емкостью 270 мкФ. Ближайшее стандартное значение равно 330 мкФ. Аналогично, для выходного напряжения 15 В нужен конденсатор емкостью 81 мкФ, поэтому в схеме использован конденсатор 100 мкФ.

Программы для микроконтроллера написаны на Си с использованием бесплатного компилятора AVR GCC [3]. Микроконтроллер

AVR ATtiny13 работает от внутреннего генератора на частоте 9.6 МГц без внутреннего делителя, поэтому частота ШИМ равна  $9.6 \text{ МГц} / 256 = 37.5 \text{ кГц}$ . Напряжение внешнего опорного источника равно 1.2 В. Основная программа выполняет бесконечный цикл, попеременно считывая данные из двух каналов АЦП, измеряющих выходные напряжения в процедуре прерывания, и корректируя соответствующие значения коэффициентов заполнения ШИМ. **PL**

## Ссылки

1. ["Boost converter,"](#) Wikipedia.
2. Pressman, Abraham I, *Switching Power Supply Design, Second Edition*, McGraw-Hill Professional, Nov 1, 1997, ISBN-10: 0070522367, ISBN-13: 978-0070522367.
3. [Компилятор AVR GCC](#)

## Материалы по теме

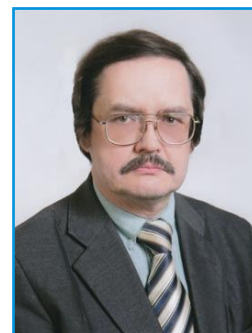
1. [Datasheet Atmel ATtiny13](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor 1N5819](#)
3. [Datasheet Renesas 2SD789](#)

## Загрузки

[Программы для микроконтроллера](#)



# Тиристорный коммутатор нагрузки – двухполюсник



Михаил Шустов, г. Томск

Приведена схема несложного двухполюсного бистабильного коммутатора нагрузки с использованием тиристора

Описываемая ниже система коммутации представляет собой источник постоянного тока GB1 (батарею, аккумулятор или иной, например, сетевой источник питания напряжением от единиц до десятков вольт), последовательно ему включенные цепочку нормально замкнутых контактов (кнопок SB1–SBn), сопротивление нагрузки, например, лампу накаливания EL1, и, собственно, тиристорный коммутатор нагрузки (Рисунок 1).

В состав тиристорного коммутатора нагрузки входит накопитель энергии – конденсатор C1, заряжаемый от источника питания GB1 через цепочку нормально замкнутых кнопок SB1–SBn, сопротивление нагрузки EL1 и диод VD1. Транзистор VT1 выполняет

роль управляющего элемента, запертого в случае, когда ток через сопротивление нагрузки минимален. Светодиод HL1 индицирует готовность устройства к работе.

При разрыве цепи питания одной из кнопок SB1–SBn конденсатор C1 через транзистор VT1 BC557 разряжается на управляющий переход тиристора VS1 2N6073, открывая его. Нагрузка EL1 подключается к источнику питания. Повторный разрыв цепи питания любой из кнопок SB1–SBn выключает тиристор и, соответственно, отключает нагрузку. Конденсатор C1 вновь зарядится, устройство вернется в состояние готовности.

Таким образом, кратковременное нажатие на нормально замкнутую кнопку, включенную

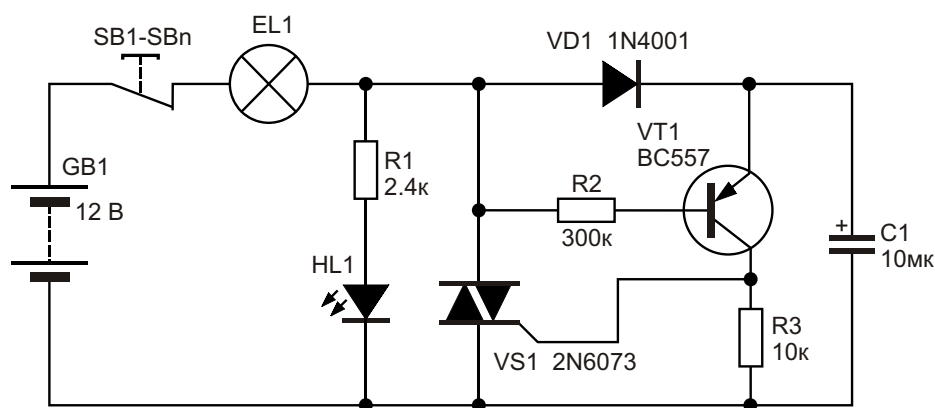


Рисунок 1. Бистабильный тиристорный коммутатор нагрузки постоянного тока.

последовательно с нагрузкой, подключает ее к источнику питания. Повторное нажатие на кнопку отключает нагрузку.

Максимальный ток через нагрузку для тиристора 2N6073 не должен превышать 4 А. Если необходимости в светодиодной под-

светке нет, цепочку R1, HL1 можно заменить резистором сопротивлением 10–100 кОм. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Central Semiconductor 2N6073](#)





онному фонарику с лампой накаливания, это указывало бы на низкий уровень заряда батареи и продлило время работы.

Типичное прямое напряжение белого светодиода составляет от 3 до 5 В. Поэтому, если входное напряжение падает ниже 3 В, светодиод должен питаться от повышающего преобразователя. На Рисунке 1 показана схема такого повышающего преобразователя, ток которого автоматически снижается по мере падения напряжения батареи.

L6920D – это высокоэффективный контроллер повышающего преобразователя с очень небольшим числом внешних компонентов, преобразующий напряжение батареи в заданное выходное напряжение или ток. Устройство запускается при напряжении 1 В и способно продолжать работу при напряжении, сниженном до 0.6, потребляя всего 10 мкА. Кроме того, микросхема содержит синхронный выпрямитель на Р-канальном MOSFET с сопротивлением открытого канала 120 мОм, который, заменяя обычный диод, увеличивает КПД схемы.

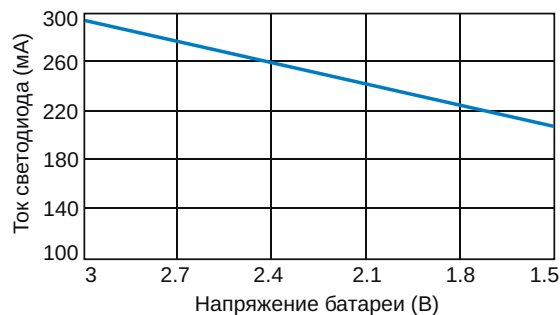
В этой схеме ток светодиода  $I_{LED}$  является функцией напряжения батареи  $V_{FB}$ . При уменьшении напряжения батареи ток светодиода также уменьшается. В результате батарея может работать дольше, а фонарь приобретает функцию автоматического ослабления силы света.

Выведем формулу для расчета зависимости тока  $I_{LED}$  от входного напряжения  $V_{IN}$ .

$$V_{FB} \cdot I_{LED} \cdot R1 \cdot 1 \cdot \frac{R3}{R5 \parallel R4} \cdot \frac{R3}{R5} \cdot V_{IN}.$$

Если  $R5 \gg R4$ , то можно считать, что  $R5 \parallel R4 \approx R4$ , тогда

$$V_{FB} \cdot I_{LED} \cdot R1 \cdot 1 \cdot \frac{R3}{R4} \cdot \frac{R3}{R5} \cdot V_{IN}.$$



**Рисунок 2.** График, показывающий зависимость тока светодиода от напряжения батареи, рассчитанный для сопротивлений резисторов, использованных в схеме на Рисунке 1.

И, наконец

$$I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R1} \cdot \frac{R3}{R5} \cdot \frac{V_{IN}}{1 + \frac{R3}{R4}}.$$

На Рисунке 2 приведен график зависимости тока светодиода от напряжения батареи, рассчитанный для номиналов компонентов, использованных в схеме на Рисунке 1 и  $V_{FB} = 1.23$  В (напряжение опорного источника микросхемы L6920D).

Мы сравнили обычный светодиодный фонарь и версию, описанную в этой статье, при питании от двух батареек AAA. Время работы составило 50 и 90 минут, соответственно. Функция автоматического снижения тока светодиода почти удваивает ресурс батареи и обеспечивает заблаговременное предупреждение о падении напряжения батареи. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet STMicroelectronics L6920](#)
2. [Datasheet STMicroelectronics TS951](#)

# Преобразователи интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой на базе нового 51-совместимого микроконтроллера EFM8UB30

## Часть 3

*Окончание. Начало в номерах 09, 10-2018*

*Алексей Кузьминов, Москва*

### Программные средства

Поскольку исходные тексты программ, сами оттранслированные программы (для компьютера – исполняемый файл в \*.exe формате, для микроконтроллеров – файлы в \*.hex формате, подлежащие программированию), а также их файл-проекты приведены в дополнительных материалах статьи и размещены на сайте журнала, в статье будет приведена только суть работы программ. В самом кратком виде – для компьютера и микроконтроллера LB12 и несколько подробнее – для микроконтроллера UB30.

Программные средства состоят из трех программ: программа для компьютера, передающая по интерфейсу USB строку, состоящую из 32 символов латинского алфавита, принимающая по интерфейсу USB 10 аналогичных строк и распечатывающая эти строки (и исходную строку) на экране монитора; программа для микроконтроллера UB30, использующаяся в преобразователях интерфейсов USB-SPI, однократно принимающая строку из 32 символов (массив из 32 элементов) по

интерфейсу USB, 10-кратно передающая и принимающая этот массив по интерфейсу SPI и передающая его далее по интерфейсу USB; программа для микроконтроллера LB12, однократно принимающая массив из 32 элементов по интерфейсу SPI и 10-кратно передающая его по этому же интерфейсу.

Вначале о программе для компьютера (текст *USB\_32.clw*, файл-проект *USB\_32.prj*, исполняемый файл *USB\_32.exe*). Эта программа написана на языке Clarion v.6 для Windows (о преимуществе этого языка 4 поколения с соответствующей RAD-системой подробно написано в [2]) и отличается от программы, приведенной в [1] и [2], только размером буфера (32 байта вместо 4096 байт) и, кроме того, буфер передается по интерфейсу USB один раз, а принимается 10 раз (в [1] и [2] – один раз). Описания всех функций API обмена по USB для компьютера приведены в [5], а описание функций, использующихся в программе, приведено в [1] и более подробно – в [2], поэтому останавливаться на них, на взгляд автора, нет смысла. Однако чтобы программа работала, необходимо, во-

первых, установить на компьютер последнюю версию драйверов USBXpress, а также последнюю версию библиотеки *SiUSBXp.dll* (2017 г.). Эту информацию можно бесплатно скачать с сайта Silabs.com. Далее, с помощью библиотекаря LibMaker, входящего в пакет поставки Clarion, библиотеку *SiUSBXp.dll* необходимо преобразовать в библиотеку *SiUSBXp.lib*, которая используется в файл-проекте программы. Для этого необходимо вызвать LibMaker, добавить (кнопка «Add file...») туда файл *SiUSBXp.dll* и записать его как (кнопка «Save as...») *SiUSBXp.lib* (Рисунок 16). После этого уже можно транслировать программу и получить исполняемый файл *USB\_32.exe*.

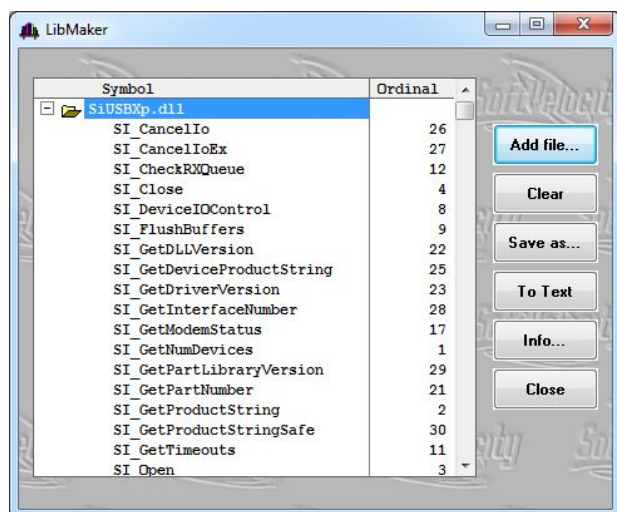


Рисунок 16. Окно LibMaker.

Теперь о программе для UB30.

Прежде всего, в Simplicity Studio v.4 необходимо сконфигурировать микроконтроллер: указать тактовую частоту 48 МГц, разрешить интерфейс SPI в матрице соединений, сконфигурировать SPI как 4-проводный ведомый (slave) и с помощью нескольких команд «Skip» «передвинуть» сигналы SPI (MISO, MOSI, SCK и NSS) в правую часть микросхемы UB30 (Рисунок 17).

Сигналы RE, RST067 и MISO установить как цифровые выходы (Digital Push-Pull Output), сигналы SCK, MOSI и NSS – как цифровые входы (Digital OpenDrain I/O), запретить слаботочковые подтяжки (установить свойства «Disable PortI/O Weak Pullup» в состоянии «Pull-ups disabled») и разрешить

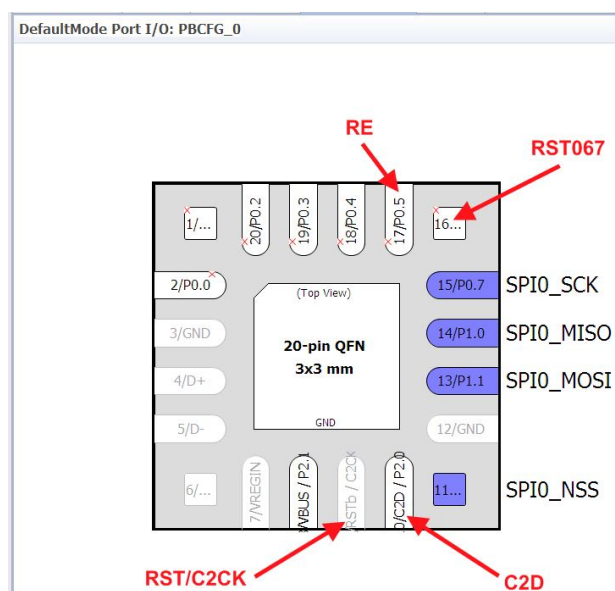


Рисунок 17. Конфигурация UB30.

работу матрицы соединений (установить свойство «Enable Crossbar» в состояние «Enabled»). После этого на C-51 автоматически сконфигурируется файл инициализации устройства (*InitDevice.c*).

Если сравнить расположение сигналов на Рисунке 17 со схемами на Рисунках 4 и 5, а также с разводкой на Рисунке 9, то можно убедиться, что схемы и разводка устройств на UB30 строго соответствуют Рисунку 17, или, другими словами, программные средства являются первичными, а схемы и разводка – вторичными.

По сравнению с программой для UB10 [1], [2], программа для UB30 отличается двумя особенностями.

Во-первых, автором обнаружено, что стандартные процедуры (или подпрограммы) ввода и вывода байта по SPI, использующие флаг SPIF, в UB30 по сравнению с UB10 [1], [2] работают со сбоями. Возможно, этот «баг» в дальнейшем будет учтен разработчиками UB30. Вместо стандартных процедур ввода/вывода байта необходимо использовать процедуры, учитывающие буфер FIFO.

В подпрограмме *вывода* байта (см. ниже) вместо анализа флага SPIF и его сброса (эти две команды умышленно оставлены и закомментированы «//») необходимо перед выводом байта (*SPI0DAT=byte;*) проанализировать флаг передатчика (TXNF) буфера FIFO на предмет его опустошения.

Подпрограмма ввода байта по SPI:

```
unsigned char inspi()
{
//-----
    unsigned char byte;
    SPIODAT=0xff;           // Ввод байта в микроконтроллер.
    while (SPIOCFG & SPIOCFG_RXE__BMASK) // Ожидание опустошения FIFO (приемника)
    {
//
// while (!SPIOCNO_SPIF); // Ожидание окончания передачи
// SPIOCNO_SPIF = 0;      // Очистка флага прерывания SPI
        byte=SPIODAT;
    }
    return(byte);
}
```

Если в подпрограмме ввода байта использовать флаг SPIF (см. ниже), то она также будет работать со сбоями. Вместо этого, после вывода пустого байта (`SPIODAT=0xff;`), требующегося для последующего ввода бай-

та, необходимо проанализировать флаг приемника (RXE) буфера FIFO также на предмет его опустошения. Команды стандартного ввода байта, связанные с флагом SPIF, также закомментированы.

Подпрограмма ввода байта по SPI:

```
void outspi(unsigned char byte)
{
//-----
    while (!SPIOCNO_TXNF) // Ожидание опустошения FIFO (передатчика)
    {
        SPIODAT=byte; // Вывод байта по SPI
// while (!SPIOCNO_SPIF); // Ожидание окончания передачи
// SPIOCNO_SPIF = 0; // Очистка флага прерывания SPI
    }
}
```

Второй момент связан с сигналом готовности RE, о котором уже упоминалось. В самом начале программы сигнал готовности RE необходимо установить в запрещающее состояние (RE=1;). Перед выводом массива из 32 элементов в LB12 сигнал RE установить в разрешающее состояние (RE=0;), а после окончания вывода – в запрещающее состояние (RE=1;). Аналогичную процедуру необходимо произвести перед и после ввода каждого из десяти 32-элементных массивов, посылаемых из LB12 в UB30.

В остальном программа ненамного отличается от программы для UB10, приведенной в [1] и [2], поэтому, на взгляд автора, разобраться в ней не составит большого труда.

По поводу программы для LB12.

Программа использует среду Simplicity Studio v.3. Эта программа отличается от аналогичной программы, приведенной в [1] и [2],

размером буфера (32 байта). Ввод/вывод по интерфейсу SPI организован стандартным способом (с использованием флага SPIF). Единственным дополнением является проверка готовности UB30 передавать и принимать 32-элементные массивы. Для этого перед приемом массива из UB30 необходимо проанализировать сигнал RE на предмет готовности (`while(RE);`). Аналогичную процедуру необходимо произвести и перед каждой передачей в UB30 десяти 32-элементных массивов по SPI.

Для конфигурирования LB12 необходимо установить внешний кварцевый генератор частотой 72 МГц, установить максимальную частоту ядра (Core) 75 МГц (SYSCLK is below 75 MHz), разрешить работу интерфейса SPI в матрице соединений и разрешить саму матрицу соединений. Сконфигурировать SPI как 4-проводный ведущий (master). С помощью

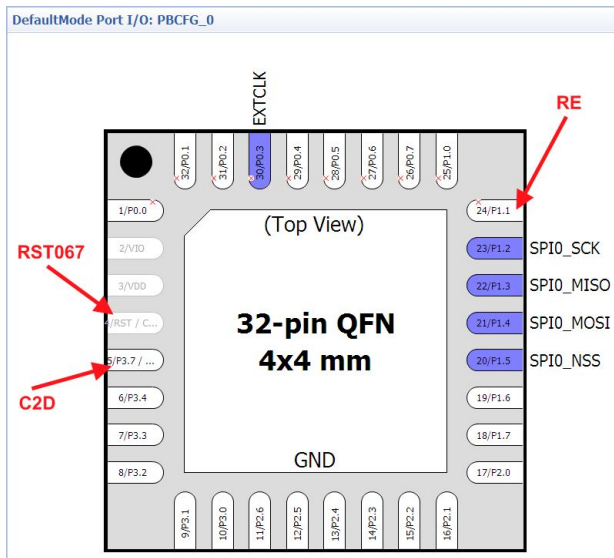


Рисунок 18. Конфигурация LB12.

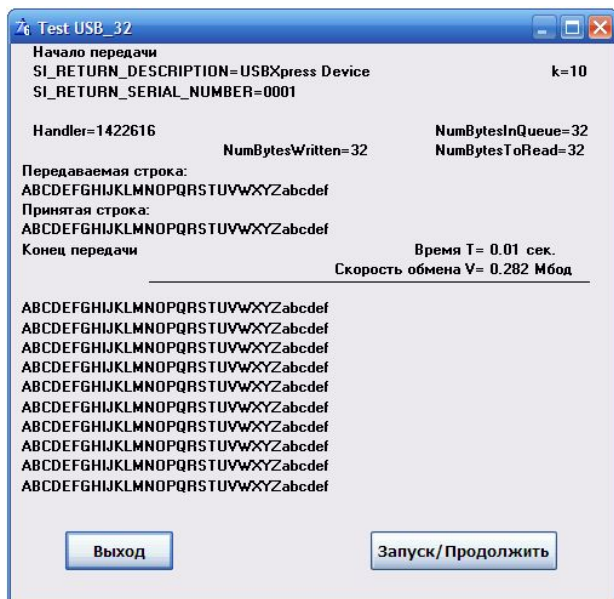
команд «Skip» «передвинуть» сигналы SPI в правую часть микросхемы (Рисунок 18). Сигналы для внешнего генератора P0.3 (EXTCLK), готовности P1.1 (RE) и P1.3 (MISO) установить как цифровые входы (Digital OpenDrain I/O), а сигналы P1.2 (SCK), P1.4 (MOSI) и P1.5 (NSS) – как цифровые выходы (Digital Push-Pull Output). После конфигурирования необходимо записать эту конфигурацию на диск (нажав пиктограмму с рисунком диска в верхней части меню), в результате чего сконфигурируется файл инициализации устройства (*InitDevice.c*).

Если сравнить конфигурацию LB12 (Рисунок 18) со схемой Рисунок 1, то можно заметить их идентичность. Таким образом Рисунок 18 (т.е. программные средства) является первичным, а схема Рисунок 1 – вторичной, или, другими словами, схема внешних связей для LB12 (Рисунок 1) составлена по Рисунку 18.

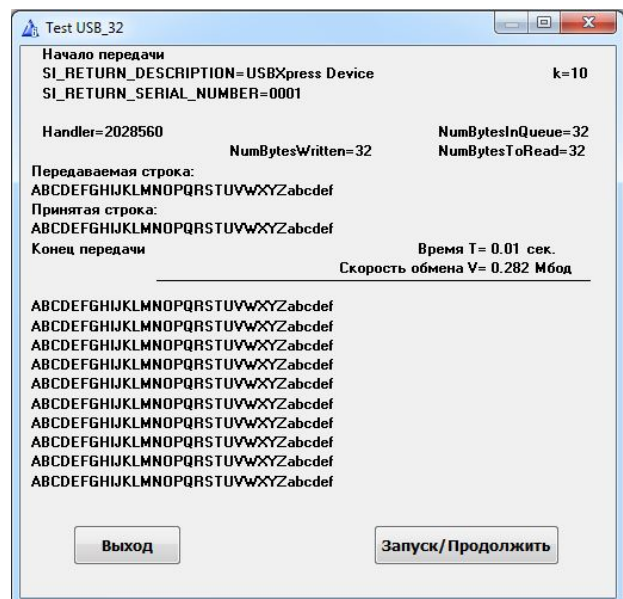
## Результаты

Если к плате с LB12 (Рисунок 15) подключить любое из устройств (Рисунки 11, 12 или 13), включить питание и запустить программу для компьютера (USB\_32.exe), то на экран монитора выведется окно, на котором будет отражена передаваемая строка и 10 принятых строк. Программа одинаково хорошо работает и в WindowsXP (Рисунок 19а), и в Windows7 в 32-разрядном режиме (Рисунок 19б).

Из Рисунка 19 можно заметить, что скорость обмена невысокая (всего 0.282 МБод), что всего в 2.5 раза больше максимальной скорости обмена по интерфейсу RS-232 (0.115200 МБод). Этот факт объясняется тем, что интерфейс USB при таком малом размере буфера (32 байта) работает очень медленно. В отличие от USB, интерфейс SPI работает на скорости 9 МБод (и даже выше), и его работа от размера буфера не зависит. Следует также отметить высокую надежность работы устройств.



а)



б)

Рисунок 19. Снимки экрана при работе программы USB\_32.exe в Windows XP (а) и Windows 7 (б).

## Программирование UB30 с помощью встроенного загрузчика *efm8load.exe*

Если скупость (или какая-либо другая причина) не позволяет приобрести USB DEBUG адаптер, то для программирования UB30 можно воспользоваться встроенным USB-загрузчиком программ [6], [7]. О встроенном загрузчике написано в [7], а программные средства для него можно скачать с [6]. Однако, как это часто бывает, ключевые моменты загрузки программ в [7] отражены не полностью, а в [6] приведены не все программные средства. Ниже описано, как воспользоваться встроенным загрузчиком.

Вначале скачанный архив *AN945SW.zip* необходимо распаковать в какую-либо папку,

```
hex2boot.bat:  
hex2boot.exe EFM8UB3_USBXpress_TestPanel_6.hex -o EFM8UB3_USBXpress_TestPanel_6.efm8  
pause
```

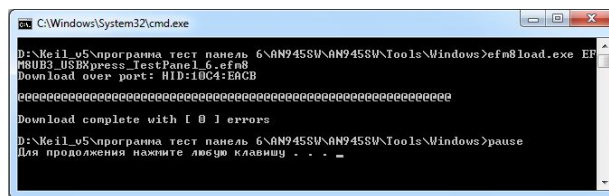
```
efmload.bat:  
efm8load.exe EFM8UB3_USBXpress_TestPanel_6.efm8  
pause
```

Для программирования необходимо изготовить или купить двухконтактный джампер с шагом 1.27 мм. Этот джампер необходимо надеть на первый и второй контакты разъема X3 (C2D и «земля», Рисунки 4 и 5). На фотографии Рисунок 14 стрелками показано, какие контакты следует переключить.

Для программирования платы SI8663-DIP (Рисунок 14 справа сверху, синие стрелки) ее нужно подключить к компьютеру кабелем USB. Для программирования платы с ADuM4160 (Рисунок 14, слева сверху, белые стрелки) ее нужно вставить в макетную плату Рисунок 15, подключить к компьютеру кабелем USB и включить питание макетной платы. В обоих случаях эти устройства будут распознаны как HidDevice.

Далее следует запустить *hex2boot.bat*, в результате чего сконфигурируется файл *EFM8UB3\_USBXpress\_TestPanel\_6.efm8* загрузочного (двоичного) формата. После этого необходимо запустить *efmload.bat*, в результате чего откроется окно (Рисунок 20), в котором будет отражен процесс программирования. После завершения программирования джампер с контактов разъема X3 следует

например, *C:\...\AN945SW*. В папку *C:\...\AN945SW\Tools\Source*, где расположены файлы *Efm8load.py* и *Hidport.py*, необходимо скопировать библиотеку *slabshiddevice.dll*. Ее можно найти в нескольких местах в папке *C:\SiliconLabs\SimplicityStudio*. Далее в папку *C:\...\AN945SW\Tools\Windows*, где имеются файлы *Efm8load.exe* и *Hex2boot.exe*, необходимо скопировать подлежащую программированию оттранслированную программу в \*.hex-формате, например, *EFM8UB3\_USBXpress\_TestPanel\_6.hex* (эта программа приведена в дополнительных материалах к статье). В этой же папке необходимо создать два \*.bat-файла: *hex2boot.bat* и *efmload.bat* следующего содержания (они также приведены в дополнительных материалах к статье).



**Рисунок 20.** Окно при программировании UB30 с помощью встроенного USB-загрузчика программ.

снять, подключить устройство к макетной плате и к компьютеру кабелем USB и включить питание. Теперь, если посмотреть в панели управления в диспетчере устройств (USB), устройство будет уже опознано как USBXpress.device. Если запустить программу *USB\_32.exe*, то на экран выведется такое же окно, как на Рисунке 19.

## Заключение

Представленные в статье материалы свидетельствуют, что новейший микроконтроллер UB30 отлично работает в преобразователях интерфейса USB-SPI и может использоваться взамен UB10 в подобных устройствах.

Изолированные преобразователи USB-SPI могут найти широкое применение в компьютерно-микроконтроллерных системах сбора и обработки информации, сопрягаемых с компьютером по интерфейсу USB. Кроме того, расширенные возможности UB30 (увеличенные оперативная и программная память и более богатый набор периферийных устройств по сравнению с UB10) позволяют использовать его и в несложных автономных устройствах, опционально обменивающихся информацией с компьютером по интерфейсу USB.

## Литература

1. Кузьминов А. Преобразователь интерфейсов USB-SPI на базе нового 51-совместимого микроконтроллера EFM8UB1. Современная электроника. 2017. № 1–3
2. Кузьминов А.Ю. Связь между компьютером и микроконтроллером. Современные аппарат-

ные и программные средства. – М.: Издательство «Перо», 2018

3. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8–10, 2011. № 1, 2
4. Кузьминов А. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. Радио. 2017. № 10.
5. [USBXpress Programmer's Guide](#)
6. [EFM8 Factory Bootloader User Guide](#)
7. [EFM8 Factory Bootloader AN945SW](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices ADuM3160](#)
2. [Datasheet Analog Devices ADuM4160](#)
3. [Datasheet Silicon Labs EFM8UB10](#)
4. [Datasheet Silicon Labs EFM8UB30](#)
5. [Datasheet Silicon Labs Si8662](#)
6. [Datasheet Texas Instruments LP2950](#)
7. [Datasheet HTЦ СИТ КР1158ЕН3](#)

РЛ

## Загрузки

[Дополнительные материалы](#)



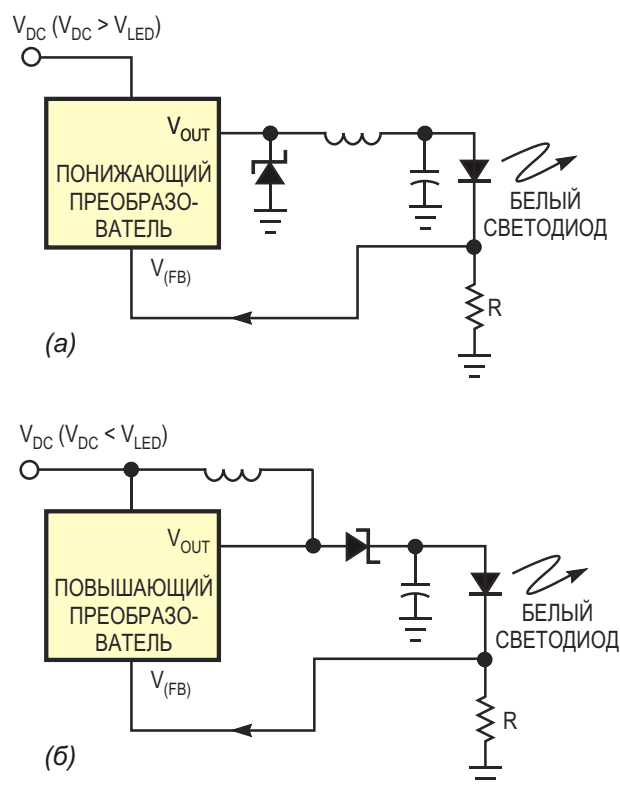
# Понижающий регулятор управляет белым светодиодом с помощью оптической обратной связи

Dhananjay Gadre

EDN

Доступность и высокая яркость современных светодиодов белого и других цветов свечения позволяют создавать на них много интересных источников света [1]. Поскольку светодиоды являются устройствами, управля-

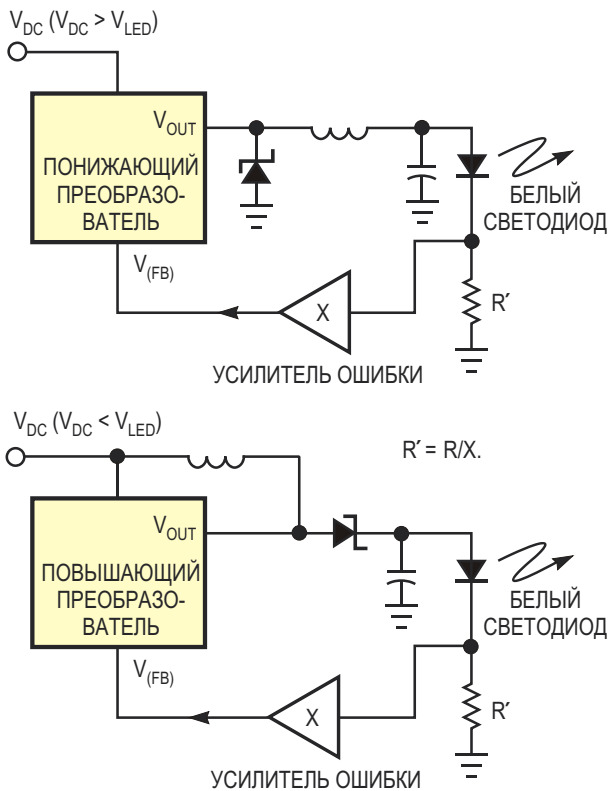
емыми током, для поддержания постоянного уровня излучаемого света типичная схема драйвера должна стабилизировать их ток. Для оптимизации рассеиваемой мощности схемы управления белыми светодиодами часто делаются на основе импульсных преобразователей – понижающих или повышающих, – в зависимости от входного напряжения. На Рисунке 1, изображены типовые конфигурации драйверов белых светодиодов на микросхемах понижающих и повышающих преобразователей (где  $V_{LED}$  – напряжения на светодиодах). Добавив последовательно с белым светодиодом резистор  $R$ , можно задать ток светодиода. Сопротивление резистора зависит от нужной величины тока и от напряжения обратной связи  $V_{FB}$ , необходимого понижающему или повышающему преобразователю. Например, при среднем токе светодиода 100 мА и напряжении обратной связи 1.23 В сопротивление резистора должно равняться 12 Ом. Для снижения мощности, рассеиваемой на последовательном резисторе, разработчиками часто используется конфигурация схемы, показанная на Рисунке 2. В этих схемах операционный усилитель (ОУ) уменьшает рассеиваемую на резисторе мощность в число раз, равное его коэффициенту усиления [2].



**Рисунок 1.** Для управления белыми светодиодами высокой яркости, в зависимости от входного напряжения, используются понижающие (а) или повышающие (б) регуляторы.

Схемы на Рисунках 1 и 2 хорошо стабилизируют ток светодиода при условии, что окружающая температура остается постоянной. Однако яркость свечения белых светодиодов, как и других цветов, сильно зависит от



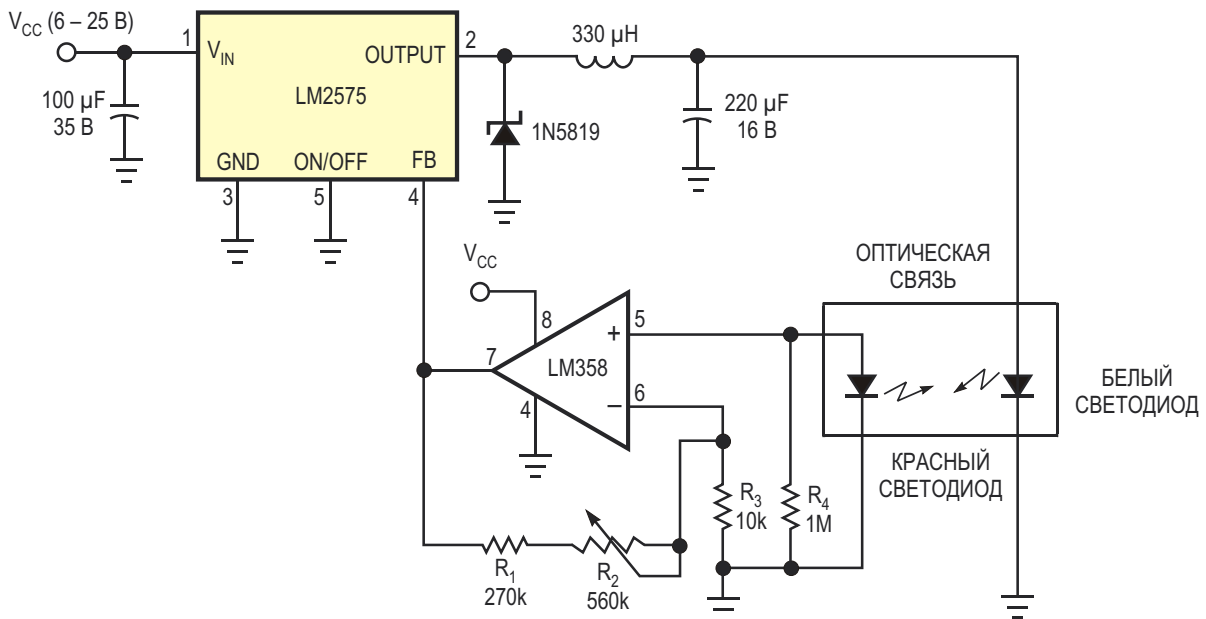


**Рисунок 2.** В этих схемах операционный усилитель уменьшает рассеиваемую на последовательном резисторе мощность в число раз, равное его коэффициенту усиления.

температуры [2] и [3]. Типичное изменение яркости света при изменении температуры на 100 °С колеблется от 40% до 150%. Таким образом, если ожидается, что окружающая

температура будет непостоянной, одной только стабилизации тока светодиода окажется недостаточно. Решением может служить использование в схеме управления светодиодом оптической обратной связи [3].

Однако вместо дорого датчика света и усилителя в качестве чувствительного элемента можно использовать подходящий обычный светодиод [4]. На Рисунке 3 представлена схема контроллера белого светодиода, основанная на регулируемой версии микросхемы из семейства недорогих преобразователей LM2575. В этой схеме датчиком излучения 10-миллиметрового белого светодиода служит 3-миллиметровый красный светодиод в прозрачном корпусе. Спектр излучения белого светодиода достаточно широк, чтобы хорошо восприниматься датчиком на основе красного светодиода. Эксперимент показал, что при токе белого светодиода 60 мА напряжение на светодиоде датчика составляет примерно 40 мВ. Использование в качестве датчика красного светодиода требует усиления его выходного сигнала примерно в 30 раз, поскольку напряжение внутреннего опорного источника понижающего регулятора LM2575 составляет 1.23 В. Коэффициент усиления усилителя, основанного на недорогом сдвоенном ОУ LM358, задается резисторами  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Усилитель питается от входного постоянного напряжения. Сопротивления резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  равны 270 кОм, 560 кОм и 10 кОм, соответственно. С



**Рисунок 3.** Для управления яркостью светодиода используются недорогой понижающий регулятор и красный светодиод в качестве датчика для оптической обратной связи.

помощью переменного резистора  $R_2$  коэффициент усиления усилителя можно изменять, чтобы, управляя током через светодиод, регулировать его яркость. Между крайними положениями движка потенциометра  $R_2$  коэффициент усиления изменяется от 28 до 84.

Используемый в качестве датчика красный светодиод монтируется сбоку от белого светодиода и, таким образом, принимает только часть излучаемого им света. Спилите торец 3-миллиметрового красного светодиода, чтобы получить плоскую поверхность, а затем с помощью капли суперклея прикрепите его к боковой поверхности белого светодиода.

Понижающий преобразователь LM2575 регулирует выходное напряжение, изменяя коэффициент заполнения импульсов внутреннего генератора. Если яркость излучения светодиода упадет из-за повышения температуры, пропорционально уменьшится напряжение на красном светодиоде. Выходной сигнал красного светодиода, подключенный через усилитель ошибки к входу обратной связи (вывод 4) микросхемы регулятора, уве-

личит коэффициент заполнения выходных импульсов, тем самым, стабилизируя яркость белого светодиода. В случае снижения температуры окружающей среды яркость свечения белого светодиода увеличивается, и регулятор уменьшает выходное напряжение, стабилизируя его световой поток. **РЛ**

## Ссылки

1. Saab, Alfredo H, and Steve Logan, "[High-power LED drivers require no external switches](#)," EDN, July 19, 2007, pg 78.
2. "Specifications for Nichia Warm White LED," Nichia Corp.
3. Bjoy Santos, "[Оптическая обратная связь увеличивает срок службы белых светодиодов](#)".
4. Gadre, Dhananjay, and Sheetal Vashist, "[LED senses and displays ambient-light intensity](#)," EDN, Nov 9, 2006, pg 125.

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM2575](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LM358](#)
3. [Datasheet Fairchild 1N5819](#)



# РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Если Вам  
небезразличны темы:

- ▶ микроконтроллеры
- ▶ автоматизация
- ▶ силовая электроника
- ▶ светотехника
- ▶ САПР
- ▶ измерения

или Вы являетесь носителем  
передовых знаний в других  
областях электроники и готовы их  
популяризировать -

**приглашаем к сотрудничеству!**

# РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

Приложение для мобильных устройств (планшетов и смартфонов)



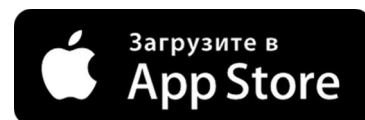
ANDROID »  
GOOGLE PLAY



<https://play.google.com/store/apps/details?id=net.magtoapp.viewer.radiolocman>



IOS (IPHONE, IPAD) »  
APP STORE



<https://itunes.apple.com/ru/app/radiolocman.zurnal/id1083434484?mt=8>

Устанавливайте приложение и скачивайте!  
Доступен весь архив номеров журнала.