



Недорогой генератор чистого синусоидального сигнала 47

50 Два 8-битных выхода ШИМ образуют 16-разрядный ЦАП

5 Tracskwise изготовила гибкую печатную плату длиной 26 метров

58 Необычная схема буфера класса А на основе источника тока





## 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)

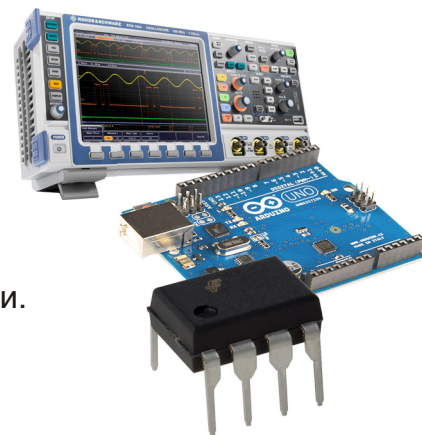


[twitter.com/rlocman](http://twitter.com/rlocman)

И еще многое другое на портале:

## РАДИОЛОЦМАН. ...

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



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером  
работали:

Д. Леканов  
В. Колесник  
С. Муратчаев  
А. Николаев  
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](mailto:rlocman@rlocman.ru)

+7 (903) 721-72-14

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

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление  
бесплатной подписки:

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

## Новости

- 4 Diodes выпускает сдвоенные LDO стабилизаторы с высоким подавлением пульсаций питания
- 4 MaxLinear продемонстрировала новый сдвоенный 13-амперный модуль DC/DC преобразователя
- 5 Trackwise изготовила гибкую печатную плату длиной 26 метров
- 6 Vishay представила мощные полосковые шунтовые резисторы с нихромовым проводящим элементом
- 7 Ricoh выпускает 42-вольтовый LDO регулятор напряжения с высокой устойчивостью к помехам
- 8 Bourns анонсирует новые TVS диоды для тяжелых условий эксплуатации
- 9 Термочувствительная матрица Melexis устанавливает новые стандарты отрасли
- 10 Bridgelux втрое увеличивает семейство белых светодиодов Vesta Series с регулируемым цветом свечения
- 11 Holtek выпустила новые серии миниатюрных драйверов для управления большими матрицами цветных светодиодов
- 12 Новый редрайвер Diodes повысит качество сигналов в высокоскоростных интерфейсах PCIe 4.0
- 12 Infineon начала производство первого в отрасли интегрального решения для 1000-амперных регуляторов напряжения
- 13 American Bright выпустила полную линейку RGB светодиодов со встроенной микросхемой
- 14 TRINAMIC разработала новый мощный драйвер затворов для управления электродвигателями
- 15 ABLIC выпускает новые таймеры запуска с ультранизким потреблением мощности
- 16 STMicroelectronics объединила на одном кристалле МЭМС акселерометр и датчик температуры
- 17 Новая беспроводная платформа Silicon Labs позволит масштабировать устройства IoT следующего поколения
- 19 AKM выпустила аудиопроцессор для головных устройств автомобильных аудиосистем
- 20 CEL начинает производство новых УФ светодиодов для приложений медицинской, промышленной и бытовой стерилизации
- 20 Начала работу крупнейшая в Балтийском море оффшорная ветряная электростанция
- 21 Maxim представляет самые миниатюрные и энергоэффективные приемопередатчики интерфейса IO-Link с высоким уровнем защиты
- 22 Infineon расширяет семейство интеллектуальных силовых модулей устройствами с наивысшей плотностью мощности
- 23 ORNL напечатала дешевый гибкий датчик тока

## Статьи

- 24 Почему гальваническая развязка увеличивает размеры импульсных преобразователей электрической энергии. Часть 2
- 32 ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ РОССИЯ. Продукты и технологии компании «ПетроИнТрейд» и команды «НАВИА»
- 38 Так ли уж несбыточна мечта о «вечной батарее»?
- 40 Преимущества и недостатки трех вариантов управления рабочей точкой светодиода

## Схемы

- 44 Селектор максимальных и/или минимальных по уровню сигналов
- 47 Недорогой генератор чистого синусоидального сигнала
- 50 Два 8-битных выхода ШИМ образуют 16-разрядный ЦАП
- 54 Дизеринг рабочей частоты преобразователя напряжения для снижения уровня электромагнитных помех
- 56 Простая схема ограничения и сдвига уровня для параллельного АЦП
- 58 Необычная схема буфера класса А на основе источника тока
- 60 Драйвер светодиодов с программно управляемой яркостью
- 62 Схема контроля напряжения сети переменного тока
- 64 Добавление функции отключения к схеме панорамного потенциометра
- 66 Недорогой выключатель питания с дополнительной функцией субмикросекундного размыкателя цепи

## Diodes выпускает сдвоенные LDO стабилизаторы с высоким подавлением пульсаций питания

Компания Diodes сообщила о выпуске семейства сдвоенных LDO стабилизаторов напряжения AP7345D с высоким подавлением пульсаций питания (PSRR) и низким током покоя, предназначенных, в частности, для приложений, питающихся от первичных элементов типоразмеров AA или AAA.



AP7345D имеет независимые входы напряжения с выводами разрешения EN для управления выходами. Это обеспечивает большую гибкость при проектировании источников питания. Каждый канал включается и выключается приблизительно через 10 мкс после изменения уровня сигнала на входе EN. Если управление выходом не требуется, вывод каждого канала можно соединить с шиной питания.

Семейство AP7345D имеет превосходное подавление пульсаций питания – 75 дБ на частоте 1 кГц в полном диапазоне выходных напряжений. Диапазон входных напряжений составляет от 1.7 В до 5.25 В, а максимальный выходной ток каждого канала равен 300 мА. Интегрированная защита от короткого замыкания гарантирует, что стабилизатор не будет поврежден в случае замыкания выхода на любую из шин выходного напряжения.

Семейство насчитывает 22 устройства, охватывающих диапазон индивидуальных для каждого канала выходных напряжений от 1.2 В до 3.6 В, установленных с точностью  $\pm 1\%$ . Благодаря такому выбору напряжений, семейство AP7345D может работать в широком спектре приложений с батарейным питанием. Новые LDO стабилизаторы позволяют использовать первичные элементы питания при более глубоком разряде, увеличивая период эксплуатации между заменами батарей. Кроме того, большой PSRR регуляторов гарантирует высокое качество стабилизации питания для чувствительных интегральных схем.

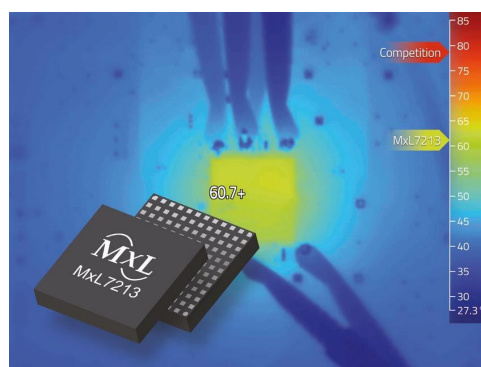
Микросхемы AP7345D выпускаются в корпусах X2-DFN1612-8, небольшие размеры которых обеспечивают высокие уровни плотности мощности.

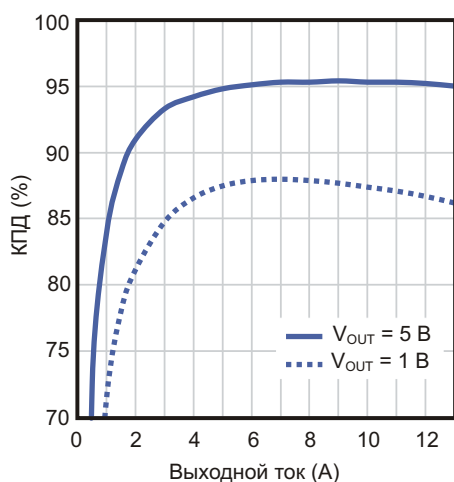
## MaxLinear продемонстрировала новый сдвоенный 13-амперный модуль DC/DC преобразователя

На проходившей в Анахайме, Калифорния, конференции по силовой электронике (APEC), MaxLinear продемонстрировала свои новейшие продукты для управления питанием.

Среди приборов, представленных на стенде MaxLinear, был новый сдвоенный силовой модуль MxL7213 с выходными токами 13 А на канал или 26 А на два объединенных канала. Этот законченный импульсный DC/DC источник питания может работать в широком диапазоне входных напряжений от 4.5 В до 18 В, превосходя конкурирующие приборы по КПД и тепловым характеристикам. MxL7213, как и выпущенный ранее сдвоенный 4-амперный

силовой модуль MxL7204, предназначен для промышленного, телекоммуникационного, сетевого и инфраструктурного оборудования.



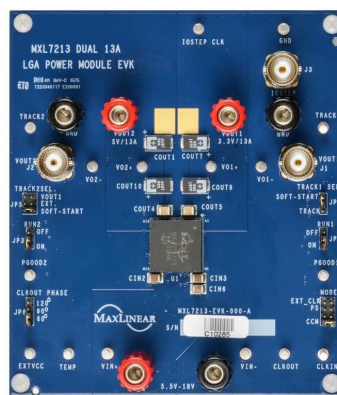


Зависимость КПД MxL7213 от тока нагрузки.

Сдвоенный понижающий силовой модуль MxL7213, разработанный для источников питания, локализованных к нагрузке, содержит схему управления, драйверы, бутстреп-ные диоды, дроссели и MOSFET. Напряжение каждого выхода MxL7213 устанавливается в диапазоне от 0.6 В до 5.3 В с помощью единственного внешнего резистора. MxL7213 требует всего нескольких входных и выходных конденсаторов, что упрощает схему и сокращает время выхода на рынок. Каждый канал модуля может отдавать в нагрузку ток 13 А, два объединенных канала – 26 А, а при параллельном соединении нескольких моду-

лей MxL7213 выходной ток можно увеличить до 100 А. Усовершенствованная тепловая конструкция, подбор внутренних компонентов и оптимизация их размещения позволили повысить КПД и расширить диапазон рабочих режимов по сравнению с аналогичными модулями, имеющими такое же стандартное для отрасли расположение выводов.

MxL7213 выпускаются в компактных корпусах со сниженным тепловым сопротивлением, отвечающих предписаниям директивы RoHS: LGA с размерами 15 мм × 15 мм × 4.41 мм и BGA с размерами 15 мм × 15 мм × 5.01 мм. Принимаются заказы, как на единичные образцы, так и на промышленные партии новых модулей.



Оценочный модуль MxL7213EVБ.

## Trackwise изготовила гибкую печатную плату длиной 26 метров

Jennifer DeLaOsa

ECN

Для строящегося в США беспилотного летательного аппарата (БПЛА), работающего на солнечной энергии, компания Trackwise поставила более 50 схем, но одна из них уникальна. По сообщению компании, она отгрузила заказчику 26-метровую многослойную гибкую печатную плату (flexible printed circuit – FPC) для передачи питания и управляющих сигналов через крылья БПЛА, которая считается самой длинной в мире.

Обычно длина печатных плат не выходит за пределы двух метров, но Trackwise, используя свою запатентованную технологию ИТТ, смогла обойти эти ограничения.

Основой платы служит полиимидная подложка. «Вся система межсоединений (пита-

ние и сигналы) летательного аппарата сделана на основе FPC, что, по нашим оценкам, позволит сэкономить до 60% веса по сравне-



нию с традиционными жгутами проводов», – сказал один из разработчиков Trackwise. Эта экономия обеспечит множество преимуществ, включая лучшую скорость, большую дальность, а также увеличенную полезную нагрузку.

Дополнительным преимуществом планарной структуры схемы, по словам компании, является улучшенная теплорассеивающая способность, которая при данном весе медного проводника позволяет пропускать через себя более высокие токи.

Однородность схемы, повышенная надежность (меньшее количество точек подключения), а также экономия на времени и стоимости сборки (более простой монтаж) – все это достигается благодаря использованию печатной технологии.

«Для длинных, легких FPC существует множество новых приложений, но самой очевидной и естественной областью применения является аэрокосмическая отрасль, где решающее значение имеют снижение веса, высокая надежность и экономическая эффективность. Мы также наблюдаем растущий интерес со стороны различных секторов промышленности, включая медицинскую и автомобильную. Что касается последней, то перед производителями стоит задача снижения веса транспортного средства для повышения топливной эффективности в то время, когда в их автомобилях постоянно увеличивается количество электрических и электронных систем. В частности, эту тенденцию ускоряют электромобили», – сказал генеральный директор Trackwise Филипп Джонстон (Philip Johnston).

## Vishay представила мощные полосковые шунтовые резисторы с нихромовым проводящим элементом

*Устройства с сопротивлением от 100 мкОм рассеивают мощность 36 Вт*

Vishay Intertechnology представила новые мощные полосковые шунтовые резисторы WSBS8518...34 и WSBS8518...35 с цельнометаллическим резистивным элементом на основе нихромового сплава с калибровочным вырезом и просечками специальной формы, снижающими температурный коэффициент сопротивления до  $\pm 10$  ppm/°C при экстремальных температурах.



Выпущенные подразделением Vishay Dale устройства с минимальным сопротивлением 100 мкОм могут рассеивать мощность до 36 Вт. По сравнению с резисторами на основе марганцевых сплавов или решениями, основанными на использовании датчиков Холла, новые приборы дешевле, но гарантируют более высокую точность. Два

дополнительных штыревых контакта резисторов WSBS8518...35 помогают обеспечить равномерность и постоянство точек контакта с печатной платой.

Резисторы в корпусах типоразмера 8518 изготавливаются на основе запатентованной Vishay технологии, позволяющей получить исключительно низкие значения сопротивлений. Устройства предназначены для контроля аккумуляторных батарей бензиновых, дизельных гибридных и электрических легковых и грузовых автомобилей, а также для использования в электрических погрузчиках, больших системах бесперебойного питания и других высокоточных промышленных приложениях.

Цельносварная конструкция приборов WSBS8518...34 и WSBS8518...35 обеспечивает низкие значения индуктивности менее 5 нГн, низкие уровни термо-ЭДС, не превышающие 1.25 мкВ/°C, и широкий диапазон рабочих температур от  $-65$  °C до  $+170$  °C. Резисторы не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.

Единичные образцы и промышленные партии резисторов WSBS8518...34 и WSBS8518...35 доступны для приобретения. Срок поставки приборов составляет от 10 до 12 недель.

## Ricoh выпускает 42-вольтовый LDO регулятор напряжения с высокой устойчивостью к помехам

R1525 – это разработанный компанией Ricoh LDO регулятор напряжения с выходным током 200 мА, отличающийся широким диапазоном рабочих напряжений и ультранизким потреблением тока. Его существенным преимуществом является отличная помехозащищенность. Прибор ориентирован на приложения, для которых первостепенным требованием является обеспечение надежной работы в условиях сильных электромагнитных помех.



### Устойчивость к электромагнитным помехам

Современный автомобиль оснащен множеством приложений, использующих беспроводные соединения, таких как:

- Послепродажные аксессуары: Bluetooth, NFC и Wi-Fi связь;
- Современные системы помощи водителю (ADAS): адаптивный круиз-контроль, система предупреждения столкновений, системы контроля давления в шинах, бесключевой доступ.

Помимо этого, широко использовать беспроводную связь будут перспективные системы автомобилей, подключенных «ко всему» (Vehicle-to-Everything – V2X). В результате, общий уровень электромагнитных помех, создаваемый этими системами, увеличивает риск нарушения нормальной работы других бортовых систем. Становится очевидным, что на этапе проектирования электрических схем необходимо предусмотреть меры по снижению этого воздействия, и выбирать компоненты, которые способствуют надежной работе приложений.

Новый регулятор напряжения R1525 специально спроектирован для этой задачи и обладает устойчивостью к электромагнитным помехам в высокочастотном диапазоне

от 10 МГц до 1 ГГц, обеспечивая стабильный уровень выходного напряжения. По сравнению с изделиями предшествующего поколения была значительно улучшена скорость отклика на переходные процессы, и теперь при скачках входного напряжения или тока нагрузки на выходе будут возникать лишь незначительные и короткие пики напряжения.

### Широкий диапазон рабочих напряжений

Новый КМОП регулятор R1525 имеет достаточный запас прочности для работы в тяжелых условиях рабочей среды. Он работает с входным напряжением до 42 В, а предельно допустимое напряжение составляет 50 В. Микросхема выдерживает даже пиковые броски напряжения в 60 В продолжительностью менее 200 мс, возникающие при сбросе нагрузки. Минимальное рабочее напряжение 3.5 В позволяет использовать R1525 при холодном запуске двигателя. Изделие будет доступно в версиях для потребительского, промышленного и автомобильного рынков, с соответствующими диапазонами рабочих температур от –40 до 105 °С, от –50 до 125 °С и от –40 до 125 °С. Автомобильная версия должна пройти сертификацию на соответствие стандарту АЕС-Q100 к июлю 2019 года.

Выходное напряжение устанавливается на этапе изготовления, и пользователям предоставляется выбор из 14 вариантов в диапазоне от 1.8 до 9.0 В.

### Низкий ток потребления

Еще одной функцией, важной для определенных постоянно активных приложений (автомобильных), является минимизация потребляемого тока для продления срока службы батареи. Потребляя всего 2.2 мкА в активном режиме и 0.1 мкА в режиме выключения, R1525 способствует снижению общего уровня энергопотребления системы.

R1525 отличается высокой точностью стабилизации выходного напряжения 0.6% и низким температурным дрейфом, составляющим всего 60 ppm/°С.

### Реакция на переходные процессы

Для устойчивой работы R1525 требуется выходной керамический конденсатор с минимальным значением емкости 0.1 мкФ. В слу-

чае, когда выходное напряжение не отвечает системным требованиям из-за колебаний входного напряжения и тока нагрузки, для минимизации скачков выходного напряжения рекомендуется использовать керамический конденсатор емкостью 10 мкФ или выше.

## Цепи защиты

В микросхеме R1525 реализован ряд функций безопасности, защищающих регулятор напряжения и другие компоненты приложения от возможных повреждений и сбоев.

- Защита от сверхтоков, снижающая выходной ток при перегрузке;
- Встроенная схема прогрессирующего ограничения тока обнаруживает короткое замыкание и снижает выходной ток до безопасного уровня 80 мА. После устранения короткого замыкания регулятор автоматически возвращается к нормальной работе.
- Специальное расположение выводов микросхемы R1525S в корпусе HSOP-8E предотвращает отказы из-за замыкания соседних контактов. Все четыре вывода регулятора изолированы неподключенными к кристаллу соседними контактами.

- Встроенная в прибор защита от перегрева отключает регулятор при повышении температуры до 160 °С, а при снижении температуры до 135 °С автоматически возвращает регулятор в нормальный режим работы.

## Сфера применения

Регулятор может использоваться в автомобильных приложениях с прямым подключением к аккумуляторной батарее или в электронных блоках управления, информационно-развлекательных системах, системах безопасности, приборных панелях, устройствах дистанционного бесключевого доступа, иммобилайзерах, шлюзах и т.д. R1525 выпускается в корпусах четырех различных типов: SOT-23-5, SOT-89-5, HSOP-6J и HSOP-8E.

Новый регулятор напряжения R1525 предназначен для использования в широком спектре приложений, требующих длительного срока службы батарей. Он потребляет лишь 2.2 мкА, имеет хорошую скорость отклика на переходные процессы, и обладает высокой устойчивостью к электромагнитным помехам. Это делает R1525 надежным источником напряжения для систем с повышенными требованиями к уровню шумов.

## Вourns анонсирует новые TVS диоды для тяжелых условий эксплуатации

Вourns анонсировала два новых семейства TVS диодов, сертифицированных на соответствие стандарту AEC-Q101. Эти семейства, получившие обозначения SM8S-Q и SM8SF-Q, содержат как однонаправленные, так и двунаправленные TVS диоды. Устройства предназначены для защиты от бросков напря-

жения, быстрых переходных процессов и электростатических разрядов источников питания постоянного тока и линий передачи данных. Соответствие стандарту AEC-Q101 делает новые TVS диоды оптимальным решением для защиты приложений, которые должны соответствовать высоким требованиям надежности, например, в оборудовании, работающем при больших уровнях мощности, высокой температуре или в суровых условиях окружающей среды.

Приборы серии SM8S-Q выпускаются в компактном корпусе DO-218 и обладают превосходными импульсными характеристиками, рассеивая максимальную пиковую мощность 6600 Вт. Диоды серии SM8SF-Q выпускаются в ультратонком корпусе высотой 1.3 мм и выдерживают пиковую мощность 7000 Вт при воздействии импульсов 10/1000 мкс. Потребители имеют возможность выбора рабочих пиковых обратных напряже-





ний из диапазона 16 ... 43 В для приборов серии SM8S-Q и 24 ... 36 В для серии SM8SF-Q. Оба семейства гарантируют очень быстрое срабатывание защиты с типовыми временами реакции менее 1 пс. Кроме того, новейшие TVS диоды Bourns помогут разра-

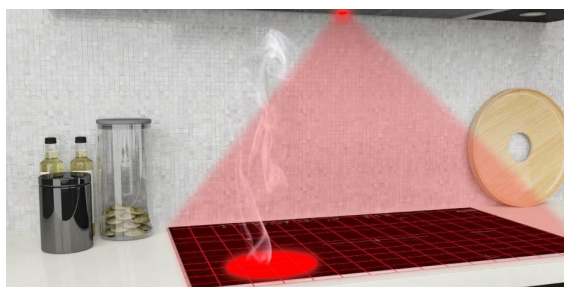
ботчикам обеспечить соответствие их продуктов требованиям стандартов ISO7637-2 и ISO16750-2.

TVS диоды серий SM8S-Q и SM8SF-Q соответствуют требованиям директивы RoHS и уже доступны для заказа.

## Термочувствительная матрица Melexis устанавливает новые стандарты отрасли

*Поднимая на новый уровень важнейшие характеристики датчиков температуры, новый MLX90641 закрепляет техническое лидерство Melexis в области дистанционных инфракрасных измерений*

Melexis анонсировала выпуск новой версии популярной матрицы термочувствительных элементов дальнего ИК диапазона. По сравнению с выпускающейся в настоящее время матрицей MLX90640, новое устройство отличается более низким уровнем тепловых шумов, увеличенной до 64 Гц скоростью обновления данных и расширенным до 125 °С диапазоном рабочих температур.



Эта новейшая технология упрощает интеграцию температурных измерений в приложения, повышает безопасность, эффективность и удобство использования, особенно в тяжелых температурных условиях.

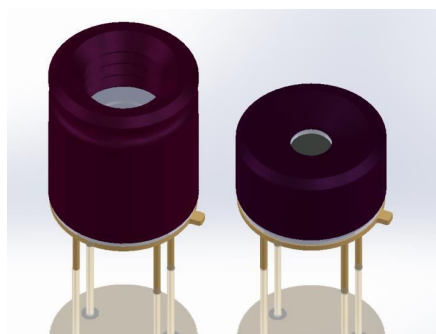
Новая матрица MLX90641, выпускаемая в стандартном для отрасли 4-выводном корпусе TO39, состоит из 16×12 чувствительных к ИК-излучению пикселей и позволяет точно измерять температуру в диапазоне от -40 °С до +300 °С. Откалиброванное на заводе устройство в типичных условиях измерений обеспечивает погрешность 1 °С. Дополнительный вклад в повышение точности вносит низкий температурный эквивалент шума (NETD), составляющий всего 0.1 К с.к.з.

Приборы выпускаются в двух версиях с различными зонами обзора: стандартной – 55° × 35° и широкой – 110° × 75°. Простое в

использовании устройство работает от одного источника питания 3.3 В, накапливая результаты измерений во внутреннем ОЗУ, для доступа к которому предусмотрен цифровой интерфейс, совместимый с I<sup>2</sup>C. Запатентованный алгоритм гарантирует высокую температурную стабильность параметров даже в условиях быстрых изменений температуры.

192-пиксельная матрица MLX90641 позволяет использовать менее производительные процессоры, чтобы снизить общую стоимость системы. Кроме того, устройство не нуждается в повторной калибровке, что еще больше снижает эксплуатационные расходы.

Чтобы ускорить разработку приложений, Melexis через платформу github.com открыла общий доступ к драйверам, а также предлагает дополнительное ПО для обнаружения людей по их инфракрасной сигнатуре.



Расширенный температурный диапазон открывает множество новых областей применения MLX90641. Как ожидается, новый прибор будет особенно востребован в мире кулинарии для использования в обычных и микроволновых печах, в промышленности для обнаружения перегрева силовой электроники и в автомобилестроении.

## Bridgelux втрое увеличивает семейство белых светодиодов Vesta Series с регулируемым цветом свечения

Расширение семейства регулируемых светодиодов дает потребителям больше гибкости в конструировании и предоставляет дополнительные возможности персонализации

Компания Bridgelux объявила о значительном расширении семейства Vesta Series белых светодиодов Dim-To-Warm с регулируемой цветовой температурой, которые помогут в удовлетворении растущих требований потребителей к персонализированному освещению, адаптируемому к условиям окружающей среды.



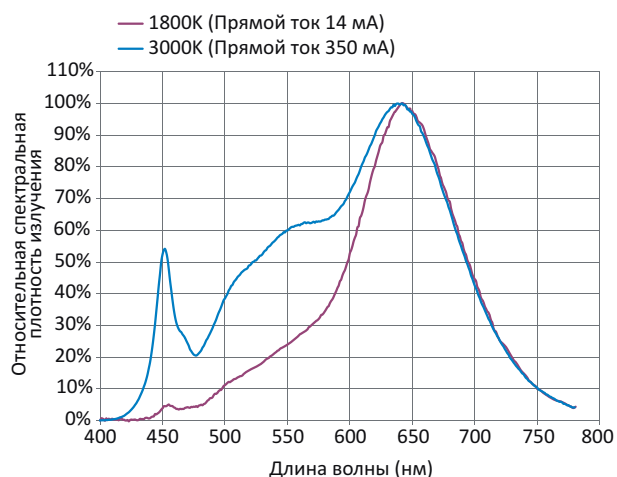
Свет – это основа жизни. Динамическое, гибкое, высококачественно освещение создает персонализированную среду и чувство удовлетворенности, повышает производительность и оказывает благоприятное воздействие на здоровье. Все более широкое проникновение Интернета вещей и интеллекта в сферу светотехники создает предпосылки для повышения интерактивности освещения. Bridgelux предлагает самый широкий в отрасли ассортимент настраиваемых белых приборов, позволяющих оптимизировать осветительное оборудование для наилучшего соответствия требованиям конкретных сред, областей применения и людей, чтобы создавать решения, ориентированные на человека.

В прошлом году Bridgelux анонсировала новую технологию нанесения люминофора для COB (кристалл-на-плате) светодиодных матриц Vesta Tunable White, обеспечившую увеличение эффективности и рост светотдачи на единицу цены прибора. Теперь новую технологию люминофора Bridgelux использовала в своих последних светодиодах Vesta Tunable White:

- Новая запатентованная технология корпусирования, значительно повышающая

однородность цвета в ближней зоне и улучшающая качество луча при использовании с вторичной оптикой.

- Выросшее семейство продуктов теперь включает устройства со светоизлучающими поверхностями 15, 18, 22 и 29 мм и световыми потоками до 10,000 лм, позволяя использовать настройку цветов для более широкого круга приложений.
- Новые варианты диапазонов цветовой температуры для всех типоразмеров светодиодов, настраиваемые между 2700K и 5000K или между 2700K и 6500K.



Типовые цветовые спектры светодиода BXRV-DR-1830H-1000-xx, измеренные при температуре перехода 25 °С.

Новые продукты дополняют недавно анонсированные линейные 570-миллиметровые светодиоды Vesta Series Edge, обеспечивающие равномерное и яркое панельное освещение в диапазоне цветовой температуры 2700 - 5000K. Vesta Edge помогут улучшить офисное и коммерческое освещение, если ему требуется яркая, динамическая белая подсветка.

Vesta Edge теперь доступны для заказа. Начинается также прием заказов на новые светодиодные матрицы Vesta Tunable White в корпусах 9, 13 и 18 мм. Чуть позже будут доступны приборы и других форм-факторов.

## Holtek выпустила новые серии миниатюрных драйверов для управления большими матрицами цветных светодиодов

Компания Holtek объявила о выпуске двух новых компактных, многофункциональных драйверов светодиодов HT16D31x и HT16D33x. К микросхемам HT16D33x в 32-контактных корпусах QFN размером 4 мм × 4 мм можно подключить до 256 светодиодов, а максимальное число светодиодов, которыми могут управлять HT16D31x, выпускаемые в 16-контактных корпусах QFN размером 3 мм × 3 мм, равно 72. В устройства интегрированы цепи, поддерживающие функции ШИМ-регуляции яркости, плавного затухания и прокрутки. Перечисленные возможности позволяют использовать эти новые приборы в таких приложениях, как декоративная подсветка, фонари для селфи, игровые клавиатуры, ритм-лампы, светодиодные динамики Bluetooth, подсветка мобильных телефонов и бытовая техника с цветными дисплейными панелями.



Все устройства снабжены последовательным интерфейсом. HT16D31A и HT16D33A подключаются к 3-проводному интерфейсу SPI, тогда как в HT16D31B и HT16D33B используется новый тип интерфейса I<sup>2</sup>C, требующий лишь одной адресной линии и позволяющий подключать до четырех микросхем. HT16D33x поддерживают три режима отображения: 16×16 пикселей, 12×12 пикселей и (9×10 + 9×10) пикселей, а HT16D31x рассчитаны на конфигурацию 8×9 пикселей. Устройства содержат цепи обнаружения замыкания светодиода и защиты от перегрева, исключающие сбои в работе устройства или проблемы с превышением допустимой температуры. Стабилизированный выходной ток каждого канала имеет 16 ступеней регулировки с максимальным значением 45 мА. Общая шкала яркости разбита на 256 программируемых уровней, и каждый выход также имеет 256 уровней ШИМ-регуляции, что при

использовании полноцветных RGB светодиодов позволяет генерировать до 16 миллионов цветов. Кроме того, каждый выход может быть настроен на мигание или мерцание, чтобы создавать, например, эффекты светлячка или керосиновой лампы.

Устройства содержат страничную память, где в одноцветном режиме можно разместить до 16 кадров для быстрой анимации изображений. Для помощи пользователю в создании анимационных эффектов предусмотрена функция автоматической прокрутки. Миниатюрные корпуса QFN хорошо подходят для компактных низкопрофильных приложений. Дополнительно предлагаются варианты микросхем HT16D33x в 28-выводных корпусах SSOP.

Добавление новых устройств серий HT16D33x и HT16D31x к семейству драйверов цветных светодиодов Holtek, включающему уже освоенную в массовом производстве серию HT16D35x, предоставляет потребителям дополнительные возможности выбора. Стремясь помочь пользователям в ускорении создания их приложений, Holtek также предлагает инструментарий для редактирования графики. Разработчики могут использовать этот удобный для пользователя инструмент для настройки и редактирования рисунков и цветов, установки функций прокрутки, задания параметров мерцания и других эффектов, а затем просматривать смоделированное изображение на экране своего компьютера. Также имеются оценочная плата и система разработки для преобразования любой отредактированной пользователем графики и инструкций в код приложения, готовый для прошивки в микроконтроллеры Holtek.



Оценочная плата ESK-16D35A-C00.

## Новый редрайвер Diodes повысит качество сигналов в высокоскоростных интерфейсах PCIe 4.0

Компания Diodes представила новый редрайвер для серверов, хранилищ данных и оборудования сетевой инфраструктуры. Совместимая с PCIe 4.0 микросхема PI3EQX16904GL содержит четыре дифференциальных канала линейных редрайверов, работающих на скоростях от 2.5 Гбит/с до 16 Гбит/с. Устройство обеспечивает программируемые параметры линейной компенсации, выходного уровня и спектральной равномерности усиления, чтобы, снижая межсимвольные помехи, оптимизировать характеристики канала в различных физических средах. Это первый в отрасли редрайвер для поддержки PCIe 4.0, обратно совместимый со стандартами PCIe 3.0/2.0/1.0. В перечень целевых приложений устройства входят накопители и серверы для систем искусственного интеллекта, рабочие станции, инфраструктура сетей 5G, каналы связи процессор-сеть (сетевые карты PCIe) и процессор-накопитель (NVMe), а также оборудование связи процессор-процессор в высокопроизводительных вычислительных кластерах.

Редрайверы, известные также как ретрансляторы, восстанавливают сигналы, чтобы повысить их качество в высокоскоростных интерфейсах. Чем выше частоты сигналов, тем меньше запас, остающийся конструкторам для разработки надежных, высокопроизводительных систем. Используя коррекцию, настройку предискажений и другие технологии, один редрайвер может регулировать и



компенсировать известные каналные потери в передатчике и восстанавливать целостность сигнала в приемнике. Это обеспечивает надежную связь с низкой вероятностью битовых ошибок (BER).

Микросхема PI3EQX16904GL поддерживает четыре 100-омные дифференциальные линии с логикой на переключателях тока и передает сигналы другим удаленным каналам данных на платформе пользователя. Линейные редрайверы обычно используются для увеличения длины проводников печатных плат при минимизации затрат и энергопотребления. Кроме того, они могут обеспечить снижение задержек.

Устройство работает от источника питания 3.3 В  $\pm$  0.3 В в промышленном диапазоне температур  $-40^{\circ}\text{C}$  ...  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Редрайвер PI3EQX16904GL выпускается в 42-контактном корпусе TQFN размером 9 мм  $\times$  3.5 мм.

## Infineon начала производство первого в отрасли интегрального решения для 1000-амперных регуляторов напряжения

Infineon Technologies расширила свое семейство чипсетов для сильноточных систем, выпустив первый в отрасли 16-фазный цифровой ШИМ-контроллер XDPE132G5C.



Семейство обеспечивает токи от 500 до 1000 А и выше для следующего поколения центральных и графических процессоров, ПЛИС и специализированных микросхем (ASIC), используемых в высокопроизводительных серверах искусственного интеллекта и приложениях передачи данных 5G.

Для удовлетворения возрастающих требований к системам питания средств искусственного интеллекта и сетевого оборудования следующего поколения DC/DC регулято-



ры напряжения систем виртуальной реальности (VR) должны отдавать в нагрузку токи более 500 А. Благодаря истинно цифровой 16-фазной схеме ШИМ и усовершенствованному алгоритму контроля переходных процессов, контроллер XDPE132G5C полностью отвечает этим требованиям. Истинно активное распределение токов между фазами обеспечивает надежность, компактность и экономичность конструкции. Кроме того, отпадает необходимость в дополнительных микросхемах удвоителей, обычно применяемые сегодня на рынках многофазных преобразователей.

Используемые в системах связи современные ПЛИС и ASIC требуют управления выходными напряжениями с шагом менее 1 мВ. XDPE132G5C соответствует этому требованию, предоставляя возможность установки выходного напряжения инкрементами по 0.625 мВ. Кроме того, прибор поддерживает требования к автоматическому перезапуску, предъявляемые рынком коммуникационного оборудования, снижая трудоемкость обслуживания удаленных устройств после сбоев питания или системы.

16-фазный контроллер XDPE132G5C выпускается в 56-выводном корпусе QFN

размером 7 мм × 7 мм. В нем используется полностью цифровая и программируемая нагрузочная линия и совместимый с PMBus 1.3/AVS интерфейс, предоставляющий всесторонний набор телеметрических функций. В паре с микросхемой TDA21475 – силовым каскадом с самым низким в отрасли тепловым сопротивлением – XDPE132G5C может эффективно управлять нагрузкой до 1000 А.

70-амперный силовой каскад TDA21475 в корпусе размером 5 мм × 6 мм имеет лучший в отрасли КПД, превышающий 95%. Вскрытая верхняя поверхность значительно снижает тепловое сопротивление переход-поверхность с 19 °С/Вт для монолитного корпуса до 1.6 °С/Вт. Это позволяет эффективно отводить тепло от верха корпуса, обеспечивая отличную плотность мощности, оптимальное число фаз и минимальные размеры источников питания систем VR. В TDA21475 реализована интеллектуальная защита от перегрузки по току и напряжению с возможностью передачи точной информации о температуре и токе контроллеру XDPE132G5C.

Последним прибором нового сильноточного чипсета является 10-фазный цифровой ШИМ-контроллер IR35223. Он предназначен для использования в качестве более дешевой альтернативы для систем питания с токами нагрузки, не превышающими 500 А. IR35223, поставляемый в 48-контактном корпусе QFN размером 6 мм × 6 мм, отличается улучшенной переходной характеристикой и, так же как и 12-фазный контроллер, совместим с шиной PMBus 1.3/AVS.

## American Bright выпустила полную линейку RGB светодиодов со встроенной микросхемой

*Встроенная интегральная схема формирует сигнал самоидентификации*

American Bright представила полную линейку адресуемых RGB светодиодов со встроенной микросхемой. В компактные интеллектуальные светодиодные устройства интегрированы кристаллы RGB и схема управления. Доступны варианты в корпусах типоразмеров 5050, 3528 и 4020 (с боковым излучением), подходящие для внутреннего и наружного использования, игровых автоматов и всех видов развлекательного освещения. Встроенная микросхема управления



формирует сигнал самоидентификации, обеспечивает режим непрерывной генерации и имеет выход широтно-импульсного модулятора (ШИМ), способного поддерживать статический экран. Новые устройства рассеивают низкую мощность (0.2 Вт типовое значение, 1 Вт максимальное), питаются напряжением 5 В и могут работать в диапазоне температур от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Излучаемые красный, зеленый и синий цвета могут смешиваться в любые тона посредством 8-битной (256-уровневой) установки цвета и 5-битной (32-уровневой) регулировки яркости.

Светодиоды соответствуют требованиям директивы RoHS и пригодны для автоматической установки на плату и пайки оплавлением припоя инфракрасным излучением или струей горячего газа. Новые RGB устройства в корпусах PLCC оснащены прозрачной линзой и идеально подходят для множества применений, включая внутреннее и наружное освещение коммерческих и жилых помещений, световые панели и игровое оборудование.

### Особенности и преимущества

- Сигнал самоидентификации;
- Частота обновления 400 Гц;
- 8-битная (256 уровней) регулировка цвета;

- 5-битная (32 уровня) регулировка яркости;
- Низкое напряжение питания, рассеиваемая мощность 0.2 Вт;
- Встроенная поддержка постоянной генерации;
- Выпускаются в корпусах 5050 и 3528 (верхнее излучение) и 4020 (боковое излучение).

### Области применения

- Полноцветные дисплеи;
- Игровые автоматы;
- Световые полосы и световые шнуры;
- Большие светодиодные дисплеи и подсветка экранов;
- Декоративное и развлекательное освещение;
- Внутренняя и наружная архитектурная подсветка коммерческих и жилых объектов.

### Перечень RGB светодиодов

Прибор	Корпус	Типоразмер
BL-HBGGAJX32K-3-TRB	PLCC-4	5050
BL-HBGR32L-3-TRB-8	PLCC-6	5050
BL-HJTGTBT39P-TRB	PLCC-4	4020
BL-HRGB32K-3-TRB	PLCC-4	5050
BL-HRGB32M-TRB	PLCC-4	3528
BL-HRGB39P-TRB	PLCC-4	4020

## TRINAMIC разработала новый мощный драйвер затворов для управления электродвигателями

*TMC6200 – это новый высоковольтный драйвер затворов с токоизмерительными усилителями для бесщеточных двигателей постоянного тока и вентильных серводвигателей, управляющий токами до 100 А с помощью внешних MOSFET*

Компания TRINAMIC Motion Control выпустила новый мощный драйвер затворов для схем управления вентильными серводвигателями



или бесщеточными двигателями постоянного тока. Чип позволяет создавать мощные и гибкие силовые конструкции, идеально подходящие для многих электромоторов.

Три резистора, включаемые последовательно с обмотками двигателя, обеспечивают точное измерение токов на фоне сильных шумов ШИМ. Это делает драйвер затворов TMC6200 прекрасным прибором для использования дельта-сигма измерителя тока, реализованного в микросхеме TMC4671. Такой способ намного эффективнее, чем измерение с помощью резистивного шунта в нижнем

плече схемы, которое требует бланкирования измерителя на время переключения и может применяться только с АЦП последовательных приближений.

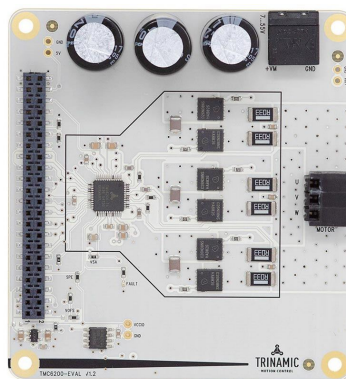
Драйвер затворов, использующий шесть внешних MOSFET и два или три токоизмерительных резистора, содержит полный набор цепей для управления вентильными двигателями в 12-, 24- или 48-вольтовых системах, включая токоизмерительные усилители с программируемым усилением. Таким образом, драйвер может управлять широким спектром двигателей мощностью от единиц ватт до нескольких киловатт, что делает его идеальным для таких приложений, как промышленные приводы, средства производственной или лабораторной автоматизации, робототехника, станки с ЧПУ, ткацкие станки, насосы или другие устройства, в которых используются драйверы вентильных двигателей с векторным управлением или бесщеточные двигатели постоянного тока.

Предоставляя возможность выбора между автономной работой и управлением, включающим диагностику, по SPI, микросхема драйвера обеспечивает высокую гибкость проектирования приложений, быстро адаптируемых к новым техническим требованиям и вариантам использования. TMC6200 в корпусах TQFP48 размером 9×9 мм уже можно приобрести через дистрибьюторскую сеть TRINAMIC.

### Особенности и преимущества

- Управление трехфазными моторами с токами обмоток до 100 А (с внешними MOSFET);
- Диапазон входных напряжений от 8 до 60 В;

- Программируемый ток затворов (0.5 A / 1 A / 1.5 A);
- Полное управление защитой и доступ к диагностической информации через интерфейс SPI;
- Автономная работа и внешнее управление по SPI;
- Зарядовый насос для поддержки работы с коэффициентом заполнения 100%;
- Дополнительная логика BVM (break-before-make – разрыв перед замыканием) при управлении по одной линии;
- Программируемые пороги срабатывания и отпускания защиты от короткого замыкания и перегрузки по току;
- Программируемый интерфейс управления с 3 или 6 линиями;
- Компактный 48-контактный корпус TQFP размером 9×9 мм;
- Удвоенное расстояние между выводами для безопасной работы при высоких напряжениях.



Оценочный набор TMC6200-EVAL.

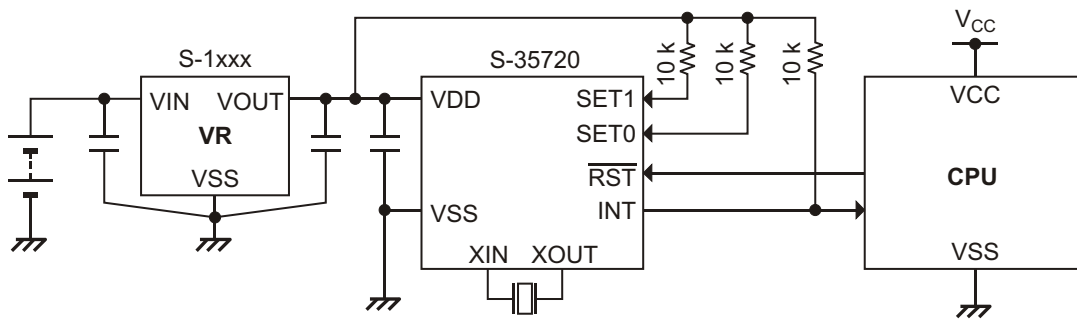
## ABLIC выпускает новые таймеры запуска с ультранизким потреблением мощности

*Ультранизкое потребление мощности и высокая гибкость программирования времени пробуждения облегчают организацию прерывистого режима работы системы*

Компания ABLIC (бывшая Seiko Instruments) выпустила новую серию микросхем таймера запуска S-35710/20 с ультранизким потреблением мощности и гибкими установками времени пробуждения. Этот продукт уже находился в серийном производстве в качестве удобного таймера для автомобильных приложений, но теперь появилась новая

версия (серия «I») универсального применения. Микросхема таймера запуска – это





Пример включения микросхемы S-35720.

устройство, которое обеспечивает прерывистую работу системы путем ее периодического запуска.

Ток, потребляемый микросхемами S-35710/20, составляет лишь 0.2 мкА, что примерно в 5 раз меньше тока, потребляемого микроконтроллером в спящем режиме. Время пробуждения может устанавливаться инкрементами по 1 секунде в диапазоне от 1 секунды до 194 дней, делая таймер исключительно гибким устройством. Интеграция этой микросхемы в существующее устройство поможет легко создать систему с низким потреблением мощности.

Если в качестве источника питания использовать выпускаемый ABLIC LDO регулятор S-1318, можно сделать периодически работающую систему со сверхнизким потреблением тока менее 0.3 мкА. Это позволит увеличить ресурс батарей, уменьшить их размеры и создать предпосылки для использования других систем со сверхнизким энергопотреблением.

## Основные особенности

- Ультранизкое потребление тока: 0.2 мкА (тип.);

- Гибкие установки времени пробуждения;
- Простые установки с помощью команд (S-35710).

Необходимое управление временем пробуждения поддерживается тремя командами:

- **Запись в регистр времени пробуждения**  
Команда используется для установки времени пробуждения.
- **Чтение регистра времени пробуждения**  
Команда используется для проверки установленного времени пробуждения.
- **Чтение регистра времени**  
Команда используется для проверки истекшего времени. Вместе с командой чтения регистра времени пробуждения она позволяет легко подтвердить, что время пробуждения установлено.

## Примеры использования

- Устройства IoT;
- Средства контроля;
- Системы безопасности;
- Устройства с батарейным питанием;
- Сборщики энергии.

Микросхема	Описание	Установка времени
S-35710M I	Программируемый таймер пробуждения со встроенным кварцевым резонатором	Программная
S-35710 I	Программируемый таймер пробуждения	Программная
S-35720 I	Таймер пробуждения, настраиваемый цифровыми сигналами на входах управления	Аппаратная

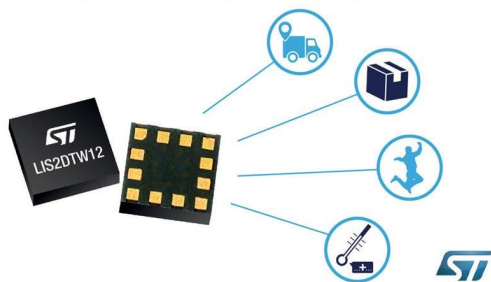
## STMicroelectronics объединила на одном кристалле МЭМС акселерометр и датчик температуры

STMicroelectronics объединила на одном кристалле микросхемы LIS2DTW12 3-осевой МЭМС акселерометр и датчик температуры, чтобы предложить новый прибор разработ-

чикам детекторов, ограниченных в объеме и ресурсах питания, таких как транспортные трекары, носимые устройства и конечные точки IoT. Погрешность измерений 0.8 °C



## MEMS motion/temperature sensor for wearables and IoT nodes



обеспечивает точность, сопоставимую с точностью автономных датчиков температуры.

В дополнение к превосходной точности, обусловленной улучшенной температурной компенсацией, акселерометр обладает беспрецедентной гибкостью с 65 различными пользовательскими режимами, позволяющими разработчикам оптимизировать энергопотребление и шумы в соответствии с требованиями конкретного приложения. Устройство предоставляет возможность выбора верхней границы диапазона до  $\pm 16$  g и получения результатов измерения ускорений с частотой от 1.6 Гц до 1600 Гц.

Благодаря высоте 0.7 мм, что на 30% меньше, чем у других комбинированных датчиков, LIS2DTW12 дает возможность использовать батареи большей емкости. Функции энергосбережения, позволяющие увеличить интервалы между зарядками устройств, включают 50-наноамперный дежурный режим, несколько рабочих режимов, в которых ток потребления может быть снижен до уровня менее 1 мкА, внутреннюю специализированную подсистему обработки сигналов акселерометра и большой 32-уровневый буфер FIFO для уменьшения частоты обмена с главным контроллером.

LIS2DTW12 постоянно передает 16-битные данные об ускорении и 12-битные данные о температуре через высокоскоростной порт I<sup>2</sup>C/SPI, а также поддерживает режим однократного преобразования. Подсистема контроля движения выполняет обнаружение свободного падения и пробуждения, распознает одиночные и двойные касания, обнаруживает состояния активности и неактивности, движения и неподвижности, отличает портретную ориентацию от ландшафтной и 6D от 4D. Для проверки правильности работы датчика также встроена усовершенствованная функция самодиагностики.

Микросхема LIS2DTW12, рассчитанная на работу в диапазоне температур от  $-40$  °C до  $+85$  °C, выпускается в 12-контактном пластиковом корпусе LGA с размерами 2.0 мм × 2.0 мм × 0.7 мм и в партиях из 1000 приборов продается по цене от \$0.99 за штуку.

Предлагается также плата адаптера STEVAL-MKI190V1 для подключаемой к ПК материнской платы микроконтроллера STEVAL-MKI109V3, чтобы использовать графический интерфейс разработки Unico или пользовательское приложение для проверки данных, получаемых с датчика.



Плата адаптера STEVAL-MKI190V1.

## Новая беспроводная платформа Silicon Labs позволит масштабировать устройства IoT следующего поколения

*СНК с лучшими в своем классе радиочастотными характеристиками и защищенностью для приложений IoT*

Silicon Labs представила следующее поколение своей платформы Wireless Gecko, получившей обозначение Series 2, предназначенной для того, чтобы сделать продукты Интернета вещей (IoT) более мощными, эффективными и надежными. Семейство

Series 2, основанное на передовых радиочастотных и многопротокольных технологиях приборов Wireless Gecko, поддерживает самую универсальную в отрасли масштабируемую платформу IoT. В первую группу продуктов Series 2 вошли миниатюрные систе-

мы-на-кристалле (СнК) с отдельным ядром безопасности и интегрированным приемопередатчиком, обеспечивающим 2.5-кратное увеличение радиуса действия по сравнению решениями конкурентов.

## Next-Generation Wireless Gecko Drives Scalability for the IoT



Разработчики IoT регулярно сталкиваются с необходимостью компромисса между радиусом действия, энергопотреблением, размерами, защищенностью и стоимостью. Многочисленные интегрированные функции беспроводных СнК Series 2 и многократно используемое ПО упрощают проектирование устройств IoT, делая радиосвязь более надежной и энергоэффективной. Series 2 поможет разработчикам оптимизировать характеристики и стоимость широкого спектра приложений IoT бытового, коммерческого и промышленного назначения.

В числе первых продуктов Series 2 Silicon Labs предложила многопротокольную СнК EFR32MG21, поддерживающую сети Zigbee, Thread и Bluetooth mesh, а также СнК EFR32BG21, предназначенную для Bluetooth LE и Bluetooth mesh. Эти микросхемы предоставляют идеальные решения для продуктов IoT с питанием от сети, включая шлюзы, концентраторы, источники света, голосовые помощники и интеллектуальные электросчетчики.

СнК Series 2 дают разработчикам непревзойденные преимущества при проектировании систем:

- Лучшие в своем классе радиочастотные характеристики с выходной мощностью +20 дБм и бюджетом канала до +124.5 дБ.
- Надежное беспроводное радио с улучшенными характеристиками подавления.
- Мощное 80-мегагерцовое ядро ARM Cortex-M33 с технологией TrustZone.
- Низкий ток, потребляемый в активном режиме (50.9 мкА/МГц), обеспеченный

использованием техпроцесса 40 нм, отвечающий строгим экологическим требованиям.

- Самые миниатюрные в отрасли многопротокольные СнК в корпусах QFN размером 4 мм × 4 мм.
- Меньшая стоимость решения за счет сниженного числа согласующих элементов и отсутствия необходимости во внешних индуктивных компонентах и усилителях мощности.
- С 3 квартала 2019 года на основе СнК EFR32xG21 планируется выпуск универсальных модулей, прошедших предварительную сертификацию.

## Конструкция, обеспечивающая безопасность

СнК EFR32xG21 поддерживают усовершенствованные функции безопасности, позволяющие разработчикам реализовать надежную защиту подключаемых продуктов:

- Специализированное ядро безопасности обеспечивает более быстрое шифрование с меньшими затратами энергии, чем программные методы.
- Генератор истинно случайных чисел расширяет криптографические возможности устройства.
- Защищенная загрузка гарантирует подлинность образов микропрограмм и беспроводных обновлений.
- Защищенный доступ к отладке помогает OEM производителям предотвращать несанкционированный доступ к конечным продуктам.

Планируемые к выпуску совместимые по выводам и программному коду СнК и модули Wireless Gecko Series 2 с дополнительными технологиями безопасности позволят разработчикам создавать подключаемые устройства следующего поколения с улучшенными функциями безопасности, помогут повысить доверие потребителей и будут стимулировать массовое внедрение IoT.

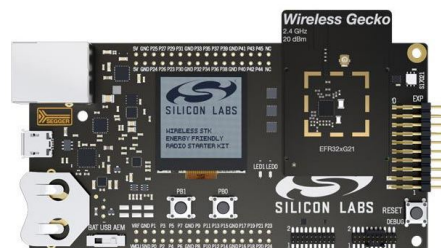
С приборами Series 2, используя преимущества интегрированной среды разработки Simplicity Studio компании Silicon Labs, разработчики смогут предлагать потребителям защищенные устройства IoT следующего поколения. Simplicity Studio ускоряет выход продуктов на рынок благодаря набору инструментов, включающему унифицированный комплект для разработки беспроводных сетей, набор инструментальных средств

разработки систем, профилировщик, запатентованный анализатор сетей, демонстрационные решения и мобильные приложения.

## Цены и доступность

Образцы и промышленные партии СнК EFR32MG21 и EFR32BG21 уже поставляются заказчикам в компактных корпусах QFN32 размером 4 мм × 4 мм. Предлагаются также материнская плата стартового набора Wireless Gecko и радиоплаты с СнК EFR32xG21. Для получения информации о ценах и приобретения СнК EFR32xG21 и комплектов разработчика следует обратиться в

местное торговое представительство Silicon Labs или к авторизованному дистрибьютору компании.



Стартовый набор SLWSTK6006A для Wireless Gecko EFR32xG21.

## АКМ выпустила аудиопроцессор для головных устройств автомобильных аудиосистем

Компания Asahi Kasei Microdevices (AKM) выпустила в продажу аудиопроцессор AK7604, оптимизированный для обработки сигналов музыкальных источников высокого разрешения в автомобильных аудиосистемах. Микросхема AK7604 содержит ядро цифрового сигнального процессора, аудио интерфейс, АЦП и ЦАП, использующиеся в приборе AK7738. Функции базового устройства были оптимизированы и сокращены, чтобы оставить в AK7604 только блоки, необходимые для аудио. AK7604 может использоваться в автомобильных аудио и навигационных системах начального или потребительского классов. Новая микросхема предназначена для замены разработанного ранее аудиопроцессора AK7602.



### Основные особенности микросхемы

- **28-битная арифметика с псевдоплавающей точкой обеспечивает создание различных звуковых эффектов:**

Цифровой сигнальный процессор микросхемы AK7604 поддерживает простую 28-

битную арифметику с плавающей точкой. В памяти процессора могут храниться пользовательские приложения, что позволяет реализовать поддержку системы объемного звучания, параметрического эквалайзера или различных звуковых эффектов. Вся память, необходимая для реализации алгоритмов обработки, интегрирована в AK7604, поэтому во внешней памяти устройство не нуждается. Кроме того, хранящаяся во внутренней памяти программа легко обновить, используя доступ к ней через последовательный интерфейс от внешнего устройства.

- **Простота настройки параметров обработки аудио:**

Основные функции обработки звука, такие как эквалазация, регулировка низких частот и громкости, а также компрессия, могут интуитивно настраиваться с помощью инструмента разработки с графическим интерфейсом пользователя.

- **Возможность создания гибких аудиосистем:**

Один стерео АЦП, три стерео ЦАП и четыре асинхронизированных стерео преобразователя частоты дискретизации, интегрированные в микросхему, позволяют использовать в основном блоке аудиосистемы только AK7604. Выбор внутренних подключений к процессору свободно выполняется с помощью управляющих регистров. AK7604 содержит также микро-

фонный усилитель и схему питания микрофона, что вносит дополнительный вклад в сокращение места, занимаемого на плате. Кроме того, микросхема имеет вход внешних цифровых сигналов и поддерживает

вывод на усилители класса D. (Последовательный аудиоинтерфейс: 8 входных каналов, 6 выходных каналов; поддерживаемые форматы аудио: MSB justified, LSB justified, I<sup>2</sup>S и PCM).

## CEL начинает производство новых УФ светодиодов для приложений медицинской, промышленной и бытовой стерилизации

Компания California Eastern Laboratories (CEL) анонсировала новое семейство светодиодов, излучающих в дальней области ультрафиолетового (УФ) спектра, предназначенных для широкого спектра приложений стерилизации и дезинфекции, включая потребительские товары, такие как обеззараживающие держатели для зубных щеток и кухонной утвари, а также стерилизующие палочки для смартфонов, планшетов и клавиатур. Другие области применения включают очистку воды, стерилизацию медицинского оборудования и дезинфекцию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Длина волны излучения УФ светодиодов, составляющая 275 нм, особенно эффективна для уничтожения бактерий в устройствах стерилизации. Кроме того, устройства CEL сочетают высокую эффективность с длительным сроком службы, что не могут предложить конкуренты. Например, версия прибора с выходной мощностью 3 мВт требует



тока 25 мА и имеет срок службы, превышающий 10,000 часов. Светодиоды CEL состоят из ультрасовременного AlGaIn кристалла в керамическом корпусе с очень высокой теплопроводностью размером 3.5 мм × 3.5 мм, защищенном экранированной прозрачной стеклянной крышкой.

В новое семейство светодиодов вошли приборы CL7001C3, CL7002C3 и CL7003C2 с выходной мощностью 3 мВт, 10 мВт и 30 мВт, соответственно.

УФ-светодиоды CEL доступны для поставки во все страны мира через всемирного дистрибьютора электронных компонентов Digi-Key Electronics.

## Начала работу крупнейшая в Балтийском море оффшорная ветряная электростанция

*Electric Light & Power and POWERGRID International*

Оффшорная ветряная электростанция Аркона компаний E.ON и Equinor начала свою работу с торжественного мероприятия в порту Зассниц-Мукран на острове Рюген.

Как утверждает E.ON, Аркона является крупнейшей ветроэлектростанцией во всем Балтийском море.

Ветряная ферма Аркона расположена более чем в 20 милях к северо-востоку от острова Рюген. Электростанция имеет мощ-



ность 385 МВт и может обеспечить возобновляемой энергией около 400,000 домохозяйств.

Объем инвестиций составил 1.35 млрд долларов. По сравнению с традиционной технологией производства электроэнергии,

Аркона позволит предотвратить выброс до 1.2 млн тонн углекислого газа в год.

Были установлены 60 турбин 6-мегаваттного класса, изготовленных Siemens. Аркона является совместным предприятием E.On и норвежской энергетической компании Equinor.

## Maxim представляет самые миниатюрные и энергоэффективные приемопередатчики интерфейса IO-Link с высоким уровнем защиты

*MAX22513 обеспечивает трехкратное уменьшение размеров решения и четырехкратное снижение рассеиваемой мощности для приложений Industry 4.0*

Воспользовавшись новейшей микросхемой MAX22513 – приемопередатчиком промышленного интерфейса IO-Link, в котором компания Maxim объединила два драйвера, цепи защиты от перенапряжений и понижающий DC/DC регулятор, разработчики смогут создавать более интеллектуальные цифровые фабрики. Самые миниатюрные, энергоэффективные и надежные в отрасли приемопередатчики IO-Link идеально подходят для промышленных датчиков и исполнительных устройств.



По мере того, как системы Industry 4.0 становятся более интеллектуальными, датчики и исполнительные устройства должны становиться более миниатюрными и надежными, расходуя при этом меньше энергии, чтобы легко адаптироваться к производственной среде. Кроме того, интеграция нескольких дискретных узлов в одно устройство усложняет разработчикам задачу создания надежных рабочих решений со сроками внедрения, отвечающими требованиям конкурентного рынка.

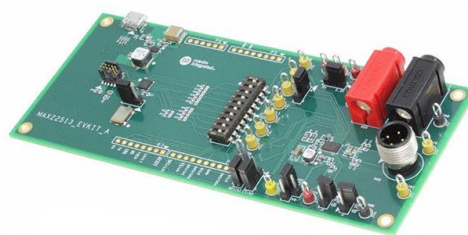
MAX22513 подтверждает лидерство Maxim в обеспечении адаптивного производства для приложений Industry 4.0. Интеграция DC/DC регулятора и защиты от перенап-

ряжений позволила в четыре раза снизить потребление мощности и в три раза сократить размеры решения по сравнению с ближайшими конкурентами. Maxim продолжает поддержку тенденции к упрощению конструкций коммуникационных интерфейсов IO-Link, которым нужна высокая надежность связи при меньших сроках выхода на рынок. Кроме того, интегрированная защита от перенапряжений и обратной полярности гарантирует устойчивую связь в тяжелых промышленных условиях и ускоряет процесс разработки. Микросхема, работающая в температурном диапазоне от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , поставляется в 28-контактном корпусе QFN размером  $3.5\text{ мм} \times 5.5\text{ мм}$  и в корпусе WLP с размерами  $4.1\text{ мм} \times 2.1\text{ мм}$ .

### Основные преимущества

- **Небольшие размеры:**

Высокоинтегрированная микросхема упрощает процесс разработки и втрое уменьшает размеры решения по сравнению с устройствами ближайших конкурентов. Интегрированная защита от перенапряжений позволяет исключить четыре TVS диода, требовавшихся в предыдущих решениях Maxim.



Оценочный набор MAX22513EVKIT#.

- **Низкая мощность:**

Низкое сопротивление открытых драйверов (2 Ом тип.), а также 300-миллиамперный DC/DC регулятор с КПД до 80%, позволили в четыре раза снизить рассеиваемую мощность.

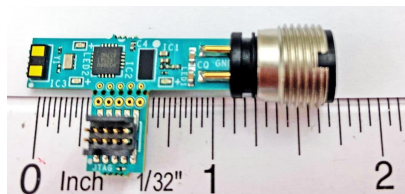
- **Надежная связь:**

Все четыре входа/выхода микросхемы защищены от обратных напряжений, коротких замыканий и перенапряжений  $\pm 1$  кВ/500 Ом.

## Доступность и цены

Микросхемы MAX22513 можно приобрести на веб-сайте Maxim и у официальных

дилеров компании. Цена одного прибора в партии из 1000 штук составляет \$3.75. За \$135 предлагается купить оценочный набор MAX22513EVKIT#. Кроме того, на веб-сайте Maxim продается полностью протестированный базовый проект MAXREFDES171# с уровнем защиты  $\pm 1.2$  кВ/500 Ом.



Базовый проект MAXREFDES171#.

## Infineon расширяет семейство интеллектуальных силовых модулей устройствами с наивысшей плотностью мощности

Infineon Technologies выпустила новую серию интеллектуальных 600-вольтовых силовых модулей CIPOS Micro IM231. Приборы, рассчитанные на работу в суровых и сырых средах, в течение 1000 часов проходят стресс-тестирование при высоком напряжении, высокой температуре и высокой влажности. По этой причине энергоэффективные силовые модули хорошо подходят для драйверов мощных бытовых электроприборов, особенно для циркуляционных гидронасосов, сливных насосов стиральных машин, для посудомоечных машин и кухонных вытяжек. Дополнительными приложениями могут быть вентиляторы кондиционеров, компрессоры холодильников и жалюзи с электроприводом.

В драйверах двигателей модулей серии CIPOS Micro IM231 использованы новейшие IGBT технологического поколения TRENCH-STOP 6. Характеристики переключения оптимизированы для повышения КПД и снижения уровня электромагнитных помех. Сертифицированные на соответствие требованиям стандарта UL 1557 модули имеют самое высокое в своем классе приборов напряжение изоляции 2 кВ. Серия состоит из 4-амперных модулей IM231-M6S1B, IM231-M6T2B и 6-амперных IM231-L6S1B, IM231-L6T2B. Для удобства разработчиков модули CIPOS Micro IM231 выпускаются в корпусах двух типов: для монтажа в отверстия и для поверхностного монтажа. Встроенный NTC термистор с сертификатом UL, интегрированные цепи защиты от сквозных токов и перегрузки, а также функция формирования отчетов повы-



шают уровень интеллекта системы. Модули могут управлять мощностью до 450 Вт, как в приложениях с теплоотводом, так и без него.

Новая серия IM231 отличается высоким уровнем технических характеристик, надежностью, защищенностью и простотой использования. Схема защиты от сквозных токов предотвращает одновременное включение IGBT верхнего и нижнего плеча, вызванное неисправностью микроконтроллера или внешними помехами. Интегрированная защита от перегрузки по току имеет высокую точность  $\pm 5\%$ . Существенным преимуществом новых устройств также является возможность использования одного и того же модуля в различном оборудовании с напряжением от 100 до 230 В переменного тока при неизменной конструкции печатной платы. Это обеспечивает простоту разработки и быстрый вывод на рынок готового продукта.

### Доступность

Модули серии CIPOS Micro IM231 доступны для заказа в любых количествах.

## ORNL напечатала дешевый гибкий датчик тока

Ученые из Oak Ridge National Laboratory (ORNL) разработали недорогой печатный гибкий датчик, которым можно обертывать силовые кабели для точного контроля электрических нагрузок от бытовых приборов до силовых сетей.



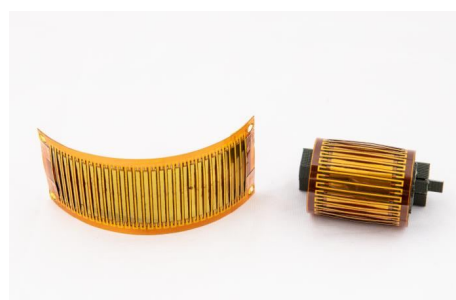
Используя струйный принтер, исследователи нанесли проводники на гибкую пластиковую подложку, а затем вплели полосу из магнитного материала, чтобы направить поток, создаваемый электрическим током, сделав датчик пригодным для установки в труднодоступных местах.

При испытаниях на проводниках в лаборатории и в реальных условиях на системе отопления, вентиляции и кондиционирования

здания датчик измерял отклики электрического тока до 90 А, и, как ожидается, в более крупных приложениях он сможет измерять токи свыше 500 А.

«Эти недорогие датчики в реальном времени предоставляют важные данные, необходимые для контроля и управления такими устройствами, как интеллектуальные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха и водонагреватели, повышая эффективность и устойчивость энергосистемы», – сказал разработчик из ORNL Поран Джоши (Pooran Joshi).

Чтобы расширить диапазон применения датчика, сохранив при этом низкую стоимость, в настоящее время команда тестирует новые материалы и электронику.



# Почему гальваническая развязка увеличивает размеры импульсных преобразователей электрической энергии

## Часть 2

---

*Окончание. Начало в номере 03-2019*

*Александр Русу, Одесса, Украина*

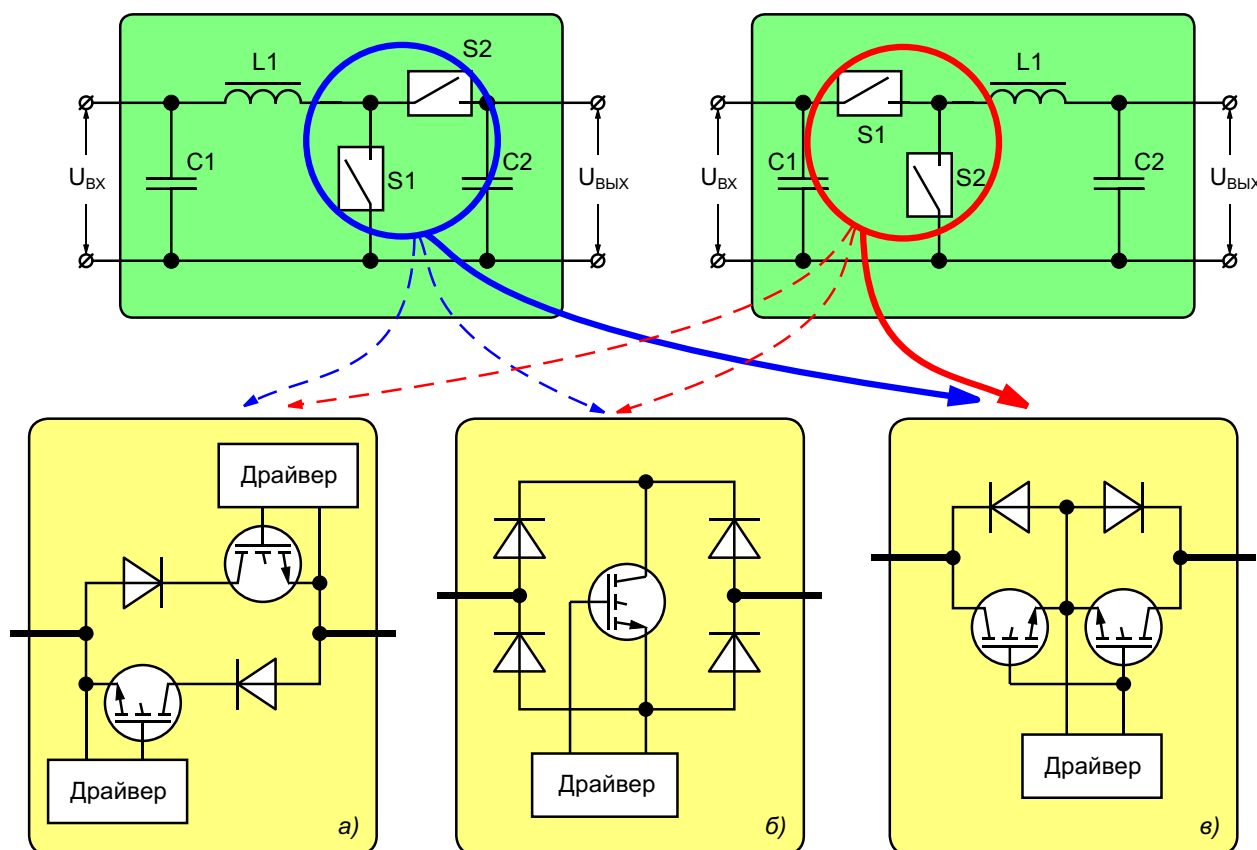
### Преобразователи на основе повышающей и понижающей схем

Самым простым вариантом регулировки переменного напряжения является использование повышающей или понижающей схем (Рисунок 6). Принцип построения и работы их силовой части ничем не отличается от аналогичных схем преобразователей постоянного напряжения, за исключением того, что силовые ключи должны обеспечивать как протекание тока в любом направлении, так и блокировку этого процесса. К сожалению, среди компонентов для силовой электроники полупроводниковые приборы с такими свойствами пока отсутствуют, поэтому силовые ключи приходится создавать на основе комбинаций существующих элементов. Это является серьезным недостатком импульсных преобразователей переменного напряжения, поскольку даже в самом лучшем случае ток

через силовой ключ должен протекать как минимум через два полупроводниковых прибора (диод и транзистор). Сейчас наиболее изящно эта задача решается путем последовательного соединения двух мощных MOSFET или IGBT, зашунтированных диодами, включенными в обратном направлении (Рисунок 6в), причем для этой цели можно использовать паразитные диоды MOSFET. В этом случае в цепи протекания тока присутствуют всего два последовательно включенных полупроводниковых элемента, а силовыми транзисторами можно управлять с помощью одного драйвера.

Поскольку регулировка выходного напряжения в понижающей и повышающей схемах изначально ограничена только понижением или только повышением напряжения, соответственно, для того чтобы создать на их основе понижающе-повышающий преобразователь, необходимо дополнительно усложнить схему.





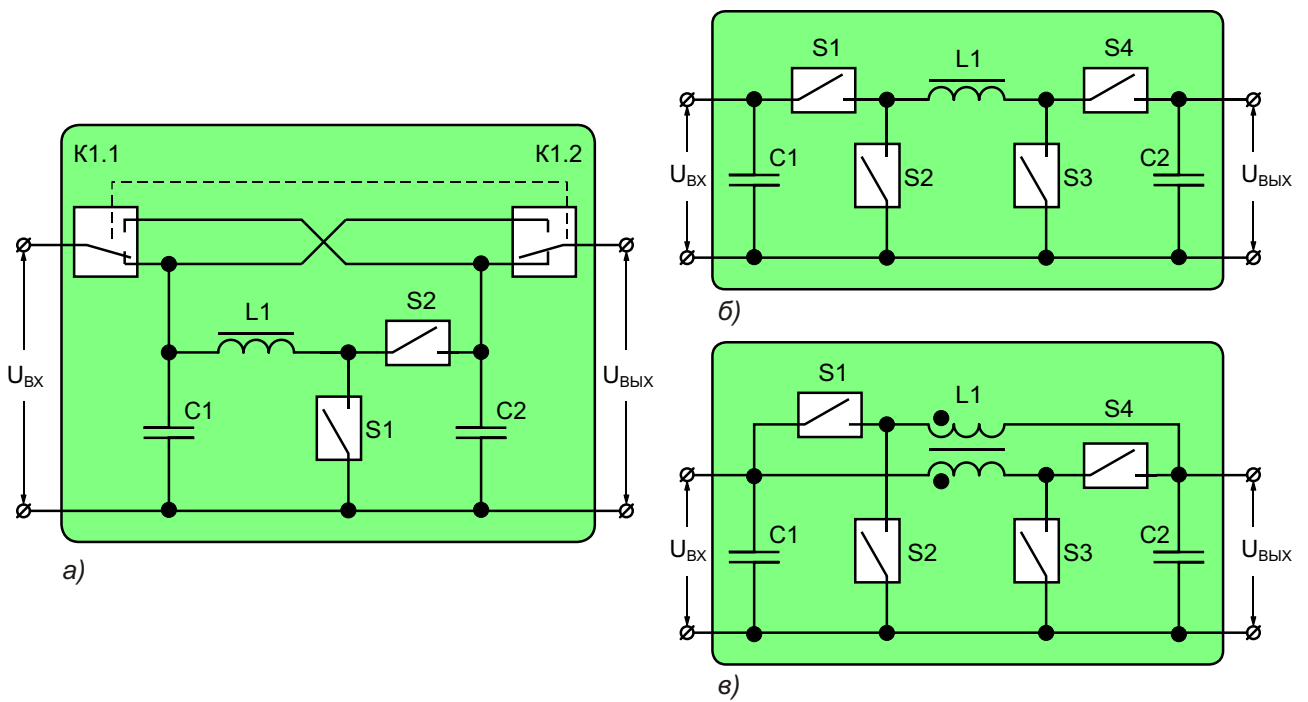
**Рисунок 6.** Преобразователи переменного напряжения на основе повышающей и понижающей схем и варианты реализации ключей S1 и S2.

Проще всего, воспользовавшись тем, что характеристики понижающего и повышающего преобразователей полностью симметричны [6], можно просто менять местами вход и выход преобразователя, например, с помощью реле (Рисунок 7а). Такое решение имеет достаточно высокий КПД, однако плохо подходит для преобразователей, требующих частого переключения между режимами повышения и понижения.

Более быстродействующей является схема с использованием четырех ключей, представляющая собой «классический» понижающе-повышающий преобразователь (Рисунок 7б). Основным недостатком такого решения является наличие в цепи протекания тока дополнительного ключа (S1 – в режиме повышения, S4 – в режиме понижения), на котором будет выделяться дополнительная мощность. Исключить его из цепи протекания тока можно путем использования дросселя с двумя одинаковыми обмотками (Рисунок 7в). В этом случае преобразователь будет иметь как более высокий КПД, так и более высокую скорость реакции на изменение входного

напряжения, однако при этом увеличивается сложность изготовления дросселя, и для него может потребоваться магнитопровод хоть и с тем же самым объемом магнитного материала, но в два раза большей площадью окна.

В любом случае, для всех схем (Рисунки 6 и 7) величина преобразуемой мощности зависит от соотношения напряжений на входе и выходе преобразователя, которая, согласно (2), в диапазоне рабочих напряжений входа (для стабилизатора) и выхода (для регулятора) от 150 В до 190 В не превышает 35% от выходной мощности (Рисунок 8). Обратите внимание, что величина преобразуемой мощности стабилизаторов, понижающих входное напряжение до 220 В, и ЛАТРов с выходным напряжением больше 220 В меньше, чем для устройств, выполняющих обратные функции. Так, например, величина преобразуемой мощности стабилизатора, увеличивающего входное напряжение на 70 В – от 150 В до 220 В, приблизительно равна 32% от мощности нагрузки, в то время как при точно таком же уменьшении входного напряжения – от 290 В до 220 В значение этой величины

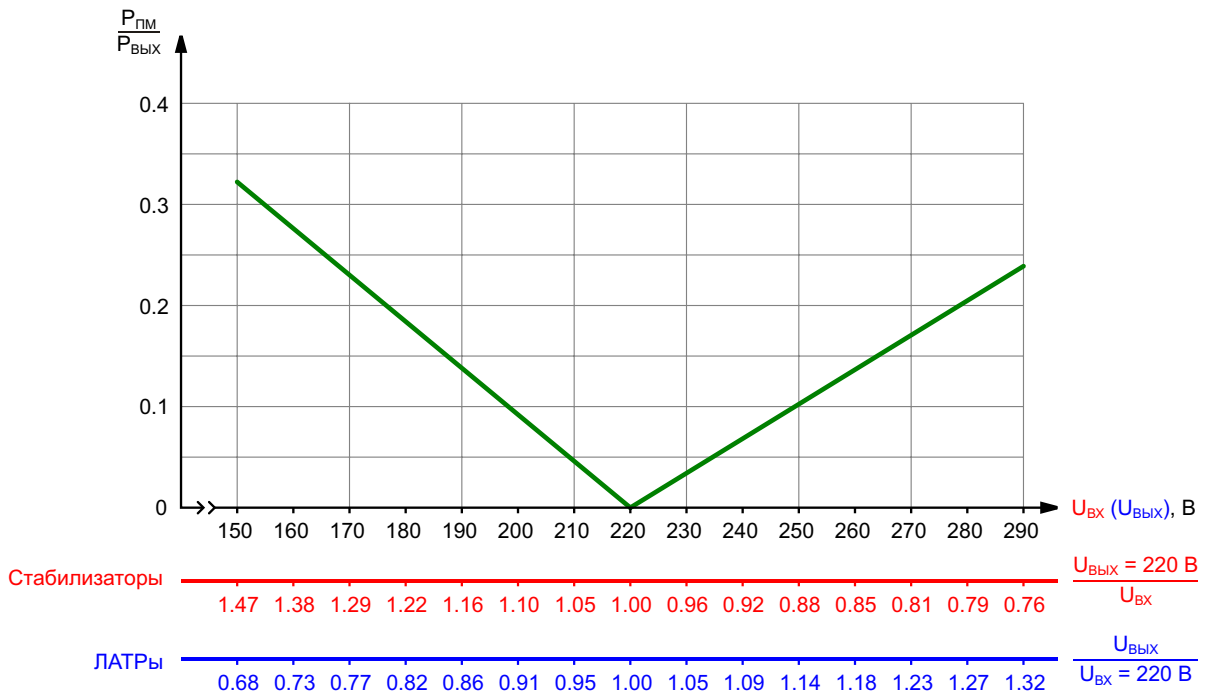


**Рисунок 7.** Понижающе-повышающие преобразователи переменного напряжения на основе понижающей и повышающей схем.

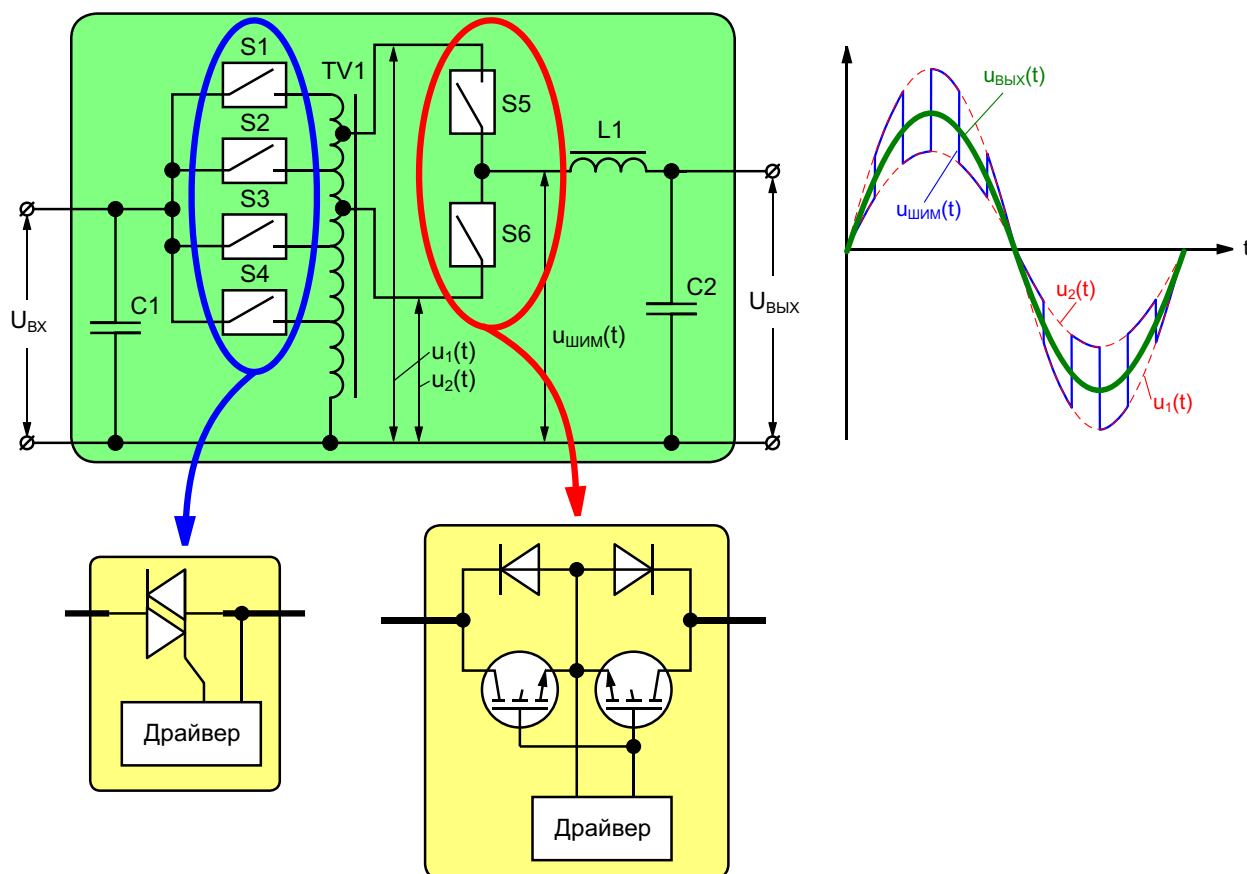
меньше и не превышает 25%. Это связано с различием между схемами включения активной части преобразователей повышающего и понижающего типов (Рисунок 6) и различным

соотношениям напряжений  $U_{ВХ}$  и  $U_{ВЫХ}$ , используемым в формуле (2) (Рисунок 8).

Несмотря на то, что величина преобразуемой мощности схем, использующих низко-



**Рисунок 8.** Зависимость относительной преобразуемой мощности от соотношения напряжений на входе и выходе для стабилизатора (красная ось) и регулятора (синяя) переменного напряжения промышленной сети.



**Рисунок 9.** Импульсный стабилизатор переменного напряжения промышленной сети на основе низкочастотного автотрансформатора.

частотный автотрансформатор и импульсный способ преобразования практически одинакова, индуктивные элементы импульсных преобразователей за счет использования более высокой частоты оказываются намного меньше и легче автотрансформатора, работающего на частоте 50(60) Гц.

### Преобразователи на основе схем с двойным преобразованием

Но даже преобразование всего лишь 35% от мощности нагрузки, пусть даже и на высокой частоте, все равно делает дроссели схем на Рисунке 7 достаточно большими элементами. Дальнейшая миниатюризация этих компонентов, как и в преобразователях постоянного тока, возможна путем использования технологии двойного преобразования: вначале с помощью трансформатора осуществляется грубая, а затем с помощью преобразователя на основе дросселя – точная регулировка выходного напряжения [1].

Один из вариантов реализации такого подхода показан на Рисунке 9. В этой схеме грубая регулировка входного напряжения осуществляется трансформатором TV1, работающим на частоте 50(60) Гц, обмотки которого коммутируются ключами S1 – S4, а точная – преобразователем на основе дросселя L1. Главной особенностью этой схемы является подключение входа высокочастотного импульсного преобразователя к двум отпайкам низкочастотного трансформатора TV1. При таком подключении величина мощности, преобразуемой дросселем L1, определяется по формуле:

$$P_{\text{ПМ}} = P_{\text{ВЫХ}} \frac{(U_{\text{ВЫХ}} U_2)(U_1 U_{\text{ВЫХ}})}{U_{\text{ВЫХ}}(U_1 U_2)}, \quad (3)$$

где  $U_1$ ,  $U_2$  – напряжения в точках подключения импульсного преобразователя.

Анализ формулы (3) показывает, что при таком способе подключения максимальное

значение мощности  $P_{\text{ПМ\_МАХ}}$ , преобразуемой дросселем L1, будет в случае, когда выходное напряжение  $U_{\text{ВЫХ}}$  равно среднему значению напряжений  $U_1$  и  $U_2$  ( $U_{\text{ВЫХ}} = 0.5[U_1 + U_2]$ ):

$$P_{\text{ПМ\_МАХ}} = P_{\text{ВЫХ}} \frac{0.25(U_1 + U_2)}{U_{\text{ВЫХ}}} \quad (4)$$

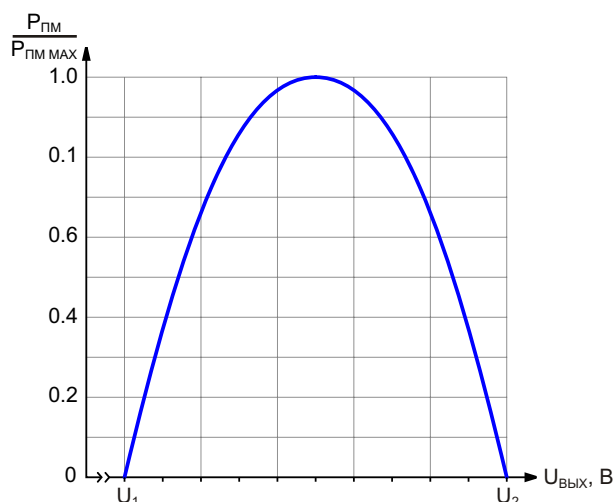
При других значениях выходного напряжения преобразуемая мощность будет меньше, достигая нуля на краях диапазона регулирования (когда  $U_{\text{ВЫХ}} = U_1$  или  $U_{\text{ВЫХ}} = U_2$ ), Рисунок 10. Это означает, что при заданном выходном напряжении выбором напряжений  $U_1$  и  $U_2$  можно регулировать величину преобразуемой мощности, а, следовательно, и размеры дросселя. Так, например, для стабилизатора при  $U_1 = 240$  В,  $U_2 = 200$  В и  $U_{\text{ВЫХ}} = 220$  В величина мощности, проходящей через магнитное поле дросселя L1, не превышает 5% от мощности нагрузки:

$$\frac{P_{\text{ПМ\_МАХ}}}{P_{\text{ВЫХ}}} = \frac{0.25(U_1 + U_2)}{U_{\text{ВЫХ}}} = \frac{0.25(240 + 200)}{220} = 0.045 \quad (5)$$

А это означает, что, несмотря на то, что через дроссель L1 протекает весь ток нагрузки, для точной установки выходного напряжения (для преобразования необходимого количества энергии) ему необходим магнитопровод с объемом магнитного материала почти в 10 раз меньшим, чем для схем, показанных на (Рисунках 6 и 7).

Однако данное решение, хоть и применяется в некоторых моделях промышленно выпускаемых стабилизаторов, имеет один серьезный недостаток – наличие трансформатора, работающего на низкой частоте. Схема на Рисунке 9 позволяет лишь повысить точность регулировки напряжения, но масса и габариты такого решения останутся все еще большими.

Однако почему автотрансформатор обязательно должен работать на частоте сети? Если использовать тот же подход, что и в [1], то частоту работы этого элемента можно повысить на несколько порядков. Такое решение показано на Рисунке 11. В этой схеме высокочастотный автотрансформатор TV1 выполняет грубое преобразование напряжения сети на величину, равную соотношению



**Рисунок 10.** Зависимость относительной преобразуемой мощности преобразователя на основе дросселя (Рисунок 9) от величины выходного напряжения.

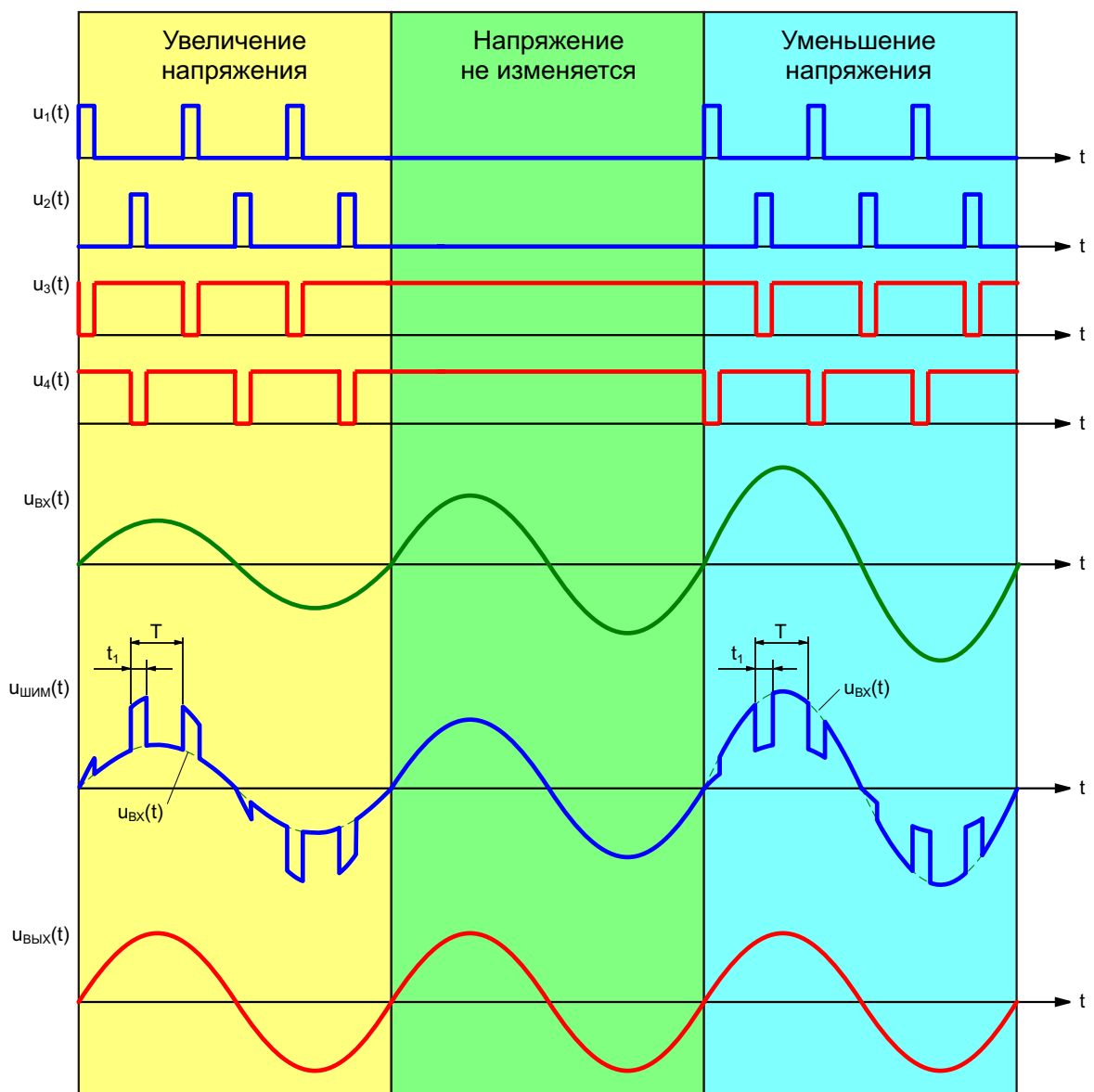
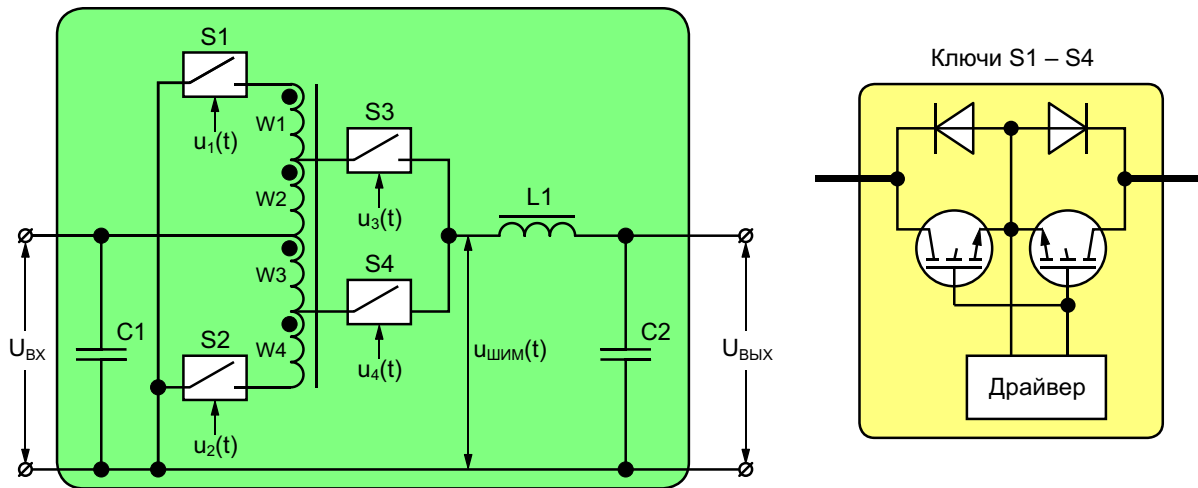
количества витков обмоток, связанных с входом ( $W1 + W2$ ,  $W3 + W4$ ) и выходом ( $W2$ ,  $W3$ ), а дроссель L1 – точную установку выходного напряжения, которая зависит от коэффициента заполнения импульсов управления  $D$ . Выходное напряжение данной схемы можно определить по формуле:

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} \cdot U_{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{ТР}} \cdot D, \quad (6)$$

где  $K_{\text{ТР}} = W2/(W1 + W2) = W3/(W3 + W4)$  – коэффициент трансформации автотрансформатора.

Знак в формуле (6) определяется алгоритмом переключения ключей S1 – S4. Если входное напряжение необходимо увеличить, то при замыкании ключа S1 должен быть замкнут ключ S4, а если уменьшить – то S3. Соответственно, одновременное замыкание ключей S2 и S3 приведет к увеличению входного напряжения, а S2 и S4 – к уменьшению. На интервалах времени, когда ключи S1 и S2 разомкнуты для обеспечения пути протекания тока дросселя L1, оба ключа S3 и S4 должны быть замкнуты. При этом происходит короткое замыкание, обеспечивающее путь для протекания тока намагничивания автотрансформатора TV1, причем намагничивающие силы, создаваемые токами одинаковых обмоток W2 и W3, взаимно компенсируются, не оказывая влияния на его магнитный поток (более подробно этот процесс рассмотрен в [1]).

Обратите внимание, что одновременное замыкание ключей S3 и S4 фактически при-



**Рисунок 11.** Стабилизатор переменного напряжения промышленной сети на основе высокочастотного автотрансформатора.

водит к подключению выхода преобразователя к его входу (автотрансформатор TV1 в этом случае практически не оказывает никакого влияния на величину входного напряжения). Этот режим удобно использовать в стабилизаторах в случаях, когда входное напряжение находится в заданных пределах, и необходимости в его изменении нет. Кроме того, одновременное размыкание ключей S3 и S4 приводит к отключению нагрузки от источника питания и может использоваться, например, для блокировки аппарата при возникновении аварийных режимов.

Поскольку коэффициент передачи преобразователей на основе дросселей определяется соотношением длительностей этапов преобразования [3], при расчете коэффициента заполнения D в качестве периода T необходимо брать длительность периода электрических процессов в дросселе, которая в два раза меньше, чем для автотрансформатора (дроссель работает на удвоенной частоте [1]):

$$D = \frac{t_1}{T}, \quad (7)$$

где  $t_1$  – длительность открытого состояния ключей S1 или S2 (Рисунок 11).

Задавшись максимальным значением коэффициента заполнения  $D_{MAX}$ , из формулы (6) можно определить необходимый коэффициент трансформации трансформатора TV1. Например, для стабилизатора, который должен обеспечить выходное напряжение

220 В в диапазоне входных напряжений от 150 В до 290 В, при  $D_{MAX} = 0.85$  значение  $K_{ТР}$  должно быть равно:

$$K_{ТР} = \frac{U_{ВЫХ} U_{ВХ}}{U_{ВХ} D_{MAX}} = \frac{220 \cdot 150}{150 \cdot 0.85} = 0.55, \quad (8)$$

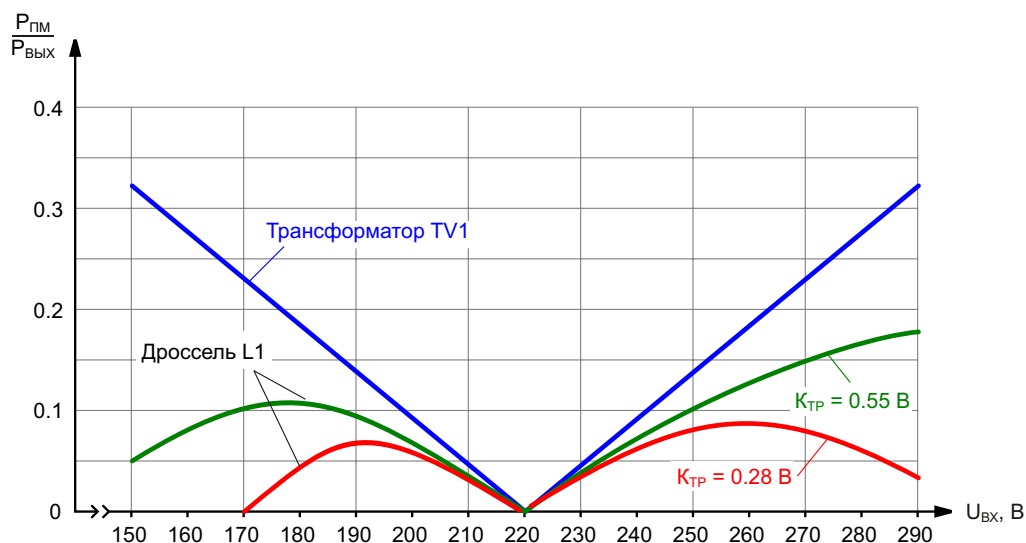
для  $U_{ВХ} = 150 \text{ В}$ ;

$$K_{ТР} = \frac{U_{ВХ} U_{ВЫХ}}{U_{ВХ} D_{MAX}} = \frac{290 \cdot 220}{290 \cdot 0.85} = 0.28,$$

для  $U_{ВХ} = 290 \text{ В}$ .

Для обеспечения нужного диапазона регулирования из двух значений, полученных по формуле (8), необходимо выбрать максимальное; в данном случае  $K_{ТР} = 0.55$ .

При таком значении коэффициента трансформации максимальная мощность, проходящая через магнитное поле дросселя, не превышает 20% от мощности нагрузки (Рисунок 12), причем в режиме повышения входного напряжения это значение не превышает 12%. Столь большая разница величины  $P_{ГМ}$  для дросселя в режимах повышения и понижения обусловлена тем, что коэффициент трансформации трансформатора TV1 выбирался по формуле (8) для режима повышения, поэтому в режиме понижения дроссель работает в неоптимальном режиме. Если же выбрать коэффициент трансформации равным  $K_{ТР} = 0.28$ , то мощность, преобразуемая дросселем в режиме понижения, снизится до 10%, однако выходное напряжение 220 В



**Рисунок 12.** Зависимости относительной мощности, преобразуемой индуктивными элементами стабилизатора (Рисунок 11) от величины входного напряжения.

такой стабилизатор сможет обеспечить при входном напряжении не ниже 170 В.

Одним из вариантов выхода из этой ситуации является использование трансформатора с двумя комплектами отводов: одни для режима повышения с коэффициентом трансформации  $K_{ТР} = 0.55$ , а другие, с коэффициентом трансформации  $K_{ТР} = 0.28$  – для режима понижения. Однако это потребует установки дополнительных ключей на вторичной стороне, что негативно скажется как на сложности, так и на стоимости аппарата.

## Заключение

Гальваническая связь между входом и выходом позволяет в наиболее полной мере использовать параметры источника первичного электропитания и преобразовывать лишь то количество энергии, которое необходимо для их коррекции. Отрицательной стороной такого подхода является уменьшение диапазона регулирования. Однако в любом случае следует понимать, что преобразова-

ние лишь части энергии является эффективным способом не только уменьшить массу и габариты индуктивных компонентов, но и повысить КПД системы в целом, ведь уровень потерь при преобразовании также напрямую зависит от величины преобразуемой мощности. **РЛ**

## Список источников

1. Русу А.П. [«Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии»](#)
2. Русу А.П. [«Зачем нужен трансформатор в импульсном преобразователе электрической энергии?»](#)
3. Русу А.П. [«Откуда появились базовые схемы преобразователей»](#).
4. Русу А.П. [«Импульсное преобразование переменного тока»](#).
5. Русу А.П. [«Почему импульсные преобразователи "не любят" "легкую" нагрузку»](#).
6. Русу А.П. Чем отличается понижающий преобразователь от повышающего? // РадиоЛоцман – 2019. – №1. – С.26 – 31 (Часть 1). – №2. – С.22 – 25 (Часть 2).



## Продукты и технологии компании «ПетроИнТрейд» и команды «НАВИА»

*Юрий Петропавловский*

Один из крупнейших российских дистрибьюторов электронных компонентов и разработчик высокотехнологичных радиоэлектронных продуктов «ПетроИнТрейд» (г. Санкт-Петербург, в настоящее время PT Electronics) уже более четверти века возглавляет Юрий Владимирович Шумилин (Рисунок 1). Свою деятельность компания начала



**Рисунок 1.** Основатель и руководитель компании «ПетроИнТрейд» Юрий Шумилин.

в 1992 году с оптовых поставок видеоаппаратуры, в частности видеомэгагнитофонов «Daewoo-Позитрон DVR-4561D» (Рисунок 2), производимых совместным предприятием «ДЭУ-Позитрон» (СП Санкт-Петербургского НПО «Позитрон» и Южнокорейской компании Daewoo).

В это же время в компании приступили к разработкам различных устройств, расширяющих функциональность телевизоров, для



**Рисунок 2.** Видеомэгагнитофон «Daewoo-Позитрон DVR-4561D».



чего было создано совместное предприятие с партнерами из Литвы и Польши. Созданное СП наладило выпуск декодеров телетекста, потребителями которых стали некоторые телевизионные заводы. Был также разработан спутниковый тюнер, предназначенный для установки практически в любой телевизор. В 1994 году на конференции по проблемам и перспективам телевидения в Москве «ПетроИнТрейд» представила первый в России отечественный 4-кадровый модуль «кадр в кадре», встроенный в телевизор «Радуга» завода имени Н. Г. Козицкого в Санкт-Петербурге.

В 1993 году состоялась знаковая встреча руководства «ПетроИнТрейд» и полупроводниковой компании ИТТ Semiconductors из Германии (входила в корпорацию ИТТ Intermetall, в 1997 году приобретена компанией Micronas), положившая начало сотрудничеству в области разработки цифровых телевизионных устройств на элементной базе ИТТ Semiconductors. К созданию цифровых устройств для телевизоров в «ПетроИнТрейд» были привлечены высококвалифицированные специалисты, начавшие разработку телевизоров с цифровой обработкой сигналов и управлением.

В 1994 году компания «ПетроИнТрейд» получила патент на первый отечественный телевизор 7-го поколения по технологии DIGIT-3000 компании ИТТ Semiconductors. Разработанные цифровые блоки были вмонтированы в телевизоры «Радуга», «Садко» (г. Новгород), «Чайка» (г. Нижний Новгород), «Горизонт» (г. Минск), которые были продемонстрированы директорам телевизионных заводов и руководству телевизионной отрасли России. Немецкие партнеры из ИТТ Semiconductors квалифицировано объяснили руководителям выгоду от внедрения цифровой технологии. В результате ряд директоров принял решение о подготовке к производству таких телевизоров.

Патент на DIGIT-3000 компания «ПетроИнТрейд» продала пяти телевизионным заводам, а сама стала официальным дистрибьютором электронных компонентов ИТТ Semiconductors. В то время на российском рынке доминировали зарубежные телевизоры, с которыми вполне могли бы конкурировать перспективные отечественные телевизоры с цифровой обработкой 7-го поколения. Одна-

ко из-за неблагоприятной промышленной политики государства телевизионные предприятия не могли накапливать капитал и развиваться, что фактически привело к вытеснению отечественных производителей японскими, корейскими и китайскими, а технология DIGIT-3000 не была реализована. А вот предыдущая технология DIGIT-2000 нашла применение как в зарубежных телевизорах различных производителей, так и в белорусских телевизорах «Горизонт» 6-го поколения, причем в аппаратах из Минска применялись микросхемы собственного производства. Особенности устройства телевизоров с цифровой обработкой сигналов, выполненных по технологии DIGIT-2000, приведены в [1].

Коротко рассмотрим особенности некоторых основных микросхем, входящих в комплект DIGIT-3000. Следует отметить, что после приобретения ИТТ Semiconductors компанией Micronas в 1997 году спецификации на микросхемы ИТТ уже выпускались под брендом Micronas Intermetall, в том числе и разработанные до 1997 года.

- **VPC3200A, VPC3210A, VPC3201B, VPC3211B** (спецификации 1996 г.) – цифровые видеопроцессоры семейства DIGIT-3000, в которое также входят такие микросхемы, как VPC3230D (Рисунок 3), СІР3250А, DDP3300А, ТРU3040 и другие. Видеопроцессоры предстают собой однокристалльные БИС для обработки видеосигналов в форматах экрана 4:3 и 16:9 и частотами кадров 50/60/100/120 Гц, выполненные по 0.8-микронной КМОП технологии в корпусах PLCC-68. Микросхемы обеспечивают декодирование сигналов НТСЦ, ПАЛ и СЕКАМ с трех композитных входов и одного S-Video входа. Микросхемы VPC3200A и VPC3210A содержат встроенные гребенчатые фильтры для разделения сигналов яркости и цветности



Рисунок 3. Микросхема VPC3230D.

с задержкой на 2 строки при частоте полей 50 Гц и 100 Гц, соответственно. Во входных блоках микросхем установлены аналоговые усилители с АРУ и фиксаторами уровня, нивелирующие изменения уровня входных сигналов в пределах от –4 дБ до +6 дБ (номинальный уровень видеосигналов 1 В). Преобразование входных аналоговых сигналов в цифровые обеспечивают два 8-разрядных АЦП с тактовой частотой 20.25 МГц. Микросхемы также обеспечивают формирования синхроимпульсов и импульсов гашения для блоков строчной и кадровой развертки.

- **VPC3205C, VPC3215C** (1998 г.) – усовершенствованные цифровые видеопроцессоры семейства DIGIT-3000. Основные отличия от описанных выше микросхем: встроенный гребенчатый фильтр на 4 строки, 4 композитных входа, интерфейс управления I<sup>2</sup>C.
- **CIP3250A** (1996 г.) – процессор компонентных сигналов изображения, обеспечивающий преобразование аналоговых компонентных сигналов RGB или YUV в цифровые компонентные сигналы YUV 4:1:1, YUV 4:2:2 или RGB 4:4:4.
- **TPU3035, TPU3040** (1996 г.) – процессоры телетекста стандарта WST (World System Teletext).
- **DDP3300A** (1996 г.) – однокристалльный процессор разверток и формирователь экранных меню.

В 1995 году компания начала активно заниматься исследованиями рынка дистрибуции электронных компонентов, а в 1998 году вошла в состав созданной в том же году Ассоциации российских дистрибьюторов электронных компонентов (АРДЭК). В 1990-е годы в мире и в России бурно развивалась телекоммуникационная отрасль, в стране работали десятки предприятий по производству телекоммуникационной аппаратуры. В этом направлении «ПетроИнТрейд» успешно сотрудничала с шведской компанией Ericsson, поставляя ее компоненты российским предприятиям. Для более успешного продвижения продукции совместными усилиями «ПетроИнТрейд» и «Эрикссон Микроэлектроника АБ» в Военной академии связи (г. Санкт-Петербург) была создана научно-техническая лаборатория, в которой российские разработчики телекоммуникационной

аппаратуры могли детально (и бесплатно) изучить особенности применения компонентов Ericsson.

Другим перспективным направлением деятельности «ПетроИнТрейд» стало продвижение компонентов компании STMicroelectronics для аппаратуры спутниковой навигации GPS. Потребителями электронных компонентов для этого направления стали многие российские предприятия автомобильной, судостроительной и военной промышленности.

Работа в качестве дистрибьютора электронных компонентов существенно не отразилась на инновационной составляющей деятельности «ПетроИнТрейд». В «нулевые» годы в компании была принята особая стратегия взаимодействия с ведущими зарубежными производителями электронных компонентов и отечественными заказчиками на основе долговременных контрактов. При этом нередко компания являлась «генератором идей» для заказчиков, предлагая адаптировать передовые решения зарубежных компаний к конкретным требованиям производства на предприятиях заказчиков в России. Фактически, «ПетроИнТрейд» обеспечивала трансфер инновационных решений, обеспечивая техническую поддержку при разработке конкурентоспособных изделий и поставляя электронные компоненты для их производства. К середине 2000-х годов у компании было около сотни крупных отечественных предприятий, так называемых «Топ-сто» заказчиков, с которыми у «ПетроИнТрейд» были фактически постоянные партнерские отношения. Такие же постоянные партнерские отношения на основе годовых контрактов сложились у компании и с рядом ведущих производителей электронных компонентов, узлов и законченных изделий.

В 2006 году в компании была разработана программа развития на пятилетку (с 1 января 2007 года до 31 декабря 2011 года), которая предусматривала вхождение «ПетроИнТрейд» в пятерку ведущих российских дистрибьюторов электронных компонентов, увеличение оборота до 100 млн долл. и подготовку к выходу на международный уровень. И, несмотря на кризис 2008 года, поставленные задачи были выполнены. В период действия программы, в соответствии с политикой привлечения только ключевых клиентов и работы только с производителями

(брендами), на которые у компании есть франшиза, клиентская база не превышала 1000 предприятий, а продажи небрендовых продуктов сократилась с 30% до 8%. Причем эти продукты остались только в поставках для предприятий ВПК. В этой связи можно



*Рисунок 4. В сертификационной лаборатории «ПетроИнТрейд».*

отметить, что в компании имеется сертификационная военная испытательная лаборатория, в которой клиенты из оборонной сферы могут проводить испытания всех закупаемых компонентов.

Актуальность сертификационных испытаний электронных компонентов для специальной и военной аппаратуры в последние годы не подлежит сомнению не только в России, но и вообще на мировом рынке специальной электроники. Дело в том, что количество разного рода подделок, контрафакта, перемаркированных или не соответствующих специальным требованиям компонентов все время увеличивается. (Специальные компоненты дороги, поэтому есть немало желающих на этом заработать). А отказы военной, космической и другой специальной техники приводит к тяжелым последствиям. Например, у всех на слуху неудачные запуски спутников, в ряде случаев произошедшие из-за выхода из строя электронных компонентов. Решить проблемы «ненадлежащих» специальных электронных компонентов в значительной мере могут сертификационные испытательные лаборатории. Испытания работы ПЛИС в сертификационной лаборатории «ПетроИнТрейд» показаны на Рисунке 4. В начале



*Рисунок 5. Руководитель команды НАВИА Владимир Осадчий.*

2011 года в компании было создано подразделение для разработки и производства беспроводных устройств под зарегистрированным торговым знаком НАВИА (принадлежит ООО «ПетроИнТрейд»). Такое же название получила и команда разработчиков этой аппаратуры под руководством Владимир Осадчего (Рисунок 5). В том же году командой НАВИА были разработаны и запущены в производство несколько изделий для спутниковой навигации.

**GL8088s** – перспективный ГЛОНАСС/GPS-модуль (приемник) с пониженным энергопотреблением, выполненный на базе микросхемы STA8088FG компании STMicroelectronics. Производство модулей размещено на российских предприятиях. Для обеспечения полной совместимости по выводам с распространенными спутниковыми модулями (ГеоС-1М, S3335G2F и др.) модуль выполнен в форм-факторе 33.2 × 22.5 мм на печатной плате толщиной 1.5 мм. Для разработчиков конечных изделий НАВИА выпускает демонстрационную плату NAVIA GPS-GLONASS Demoboard, которую можно подключить к ПК через интерфейс USB.

Модуль GL8088s оснащен двумя интерфейсами UART с 3.3 В КМОП- входами/выходами, через которые навигационная информация передается в формате NMEA0183, широко используемом в судовом оборудовании (NMEA – National Marine Electronics Association – Национальная ассоциация морской электроники, объединяет северо-

американских производителей и дистрибьюторов морской электроники). Модуль обеспечивает вычисление текущих координат и скорости объекта в реальном масштабе времени, а также формирует секундные метки времени с высокой точностью. Приемник производит параллельную обработку сигналов в 32-измерительных каналах навигационных систем ГЛОНАСС (частотный диапазон L1, 1597.42 МГц, 1605.9 МГц, СТ-код) и GPS (L1, 1575.43 МГц, С/А-код). Модуль может работать как в автономном, так и в дифференциальном (с внешними поправками) режимах.

Приемник обеспечивает высокую точность определения координат (2 м в плане, 4 м по высоте) и скорости объекта (0.05 м/с), обладает высокой чувствительностью (–155 ... –145 дБм) и имеет встроенную систему подавления внешних помех. Максимальная высота объекта 18 км, максимальная скорость 515 м/с. Время, необходимое для снятия первых данных о координатах при холодном старте составляет 35 с, при горячем старте (из дежурного режима) – 1 с. Ток потребления модуля при напряжении питания 3.3 В находится в пределах 35-75 мА, в зависимости от режима и используемых ГНСС.

Модуль (приемник) **ML8088s** выполнен в 22-выводном корпусе с размерами 15 × 13 × 2 мм (печатная плата не используется). По электрическим характеристикам он практически не отличается от модуля GL8088s.

Ключевыми элементами обоих приемников являются микросхемы STA8088FG, входящие в семейство TESEO II компании STMicroelectronics. Микросхемы семейства поддерживают 4 спутниковые системы навигации – GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО, QZSS и выпускаются в корпусах VFQFPN56 с размерами 7 × 7 × 0.85 мм или BGA169 в четырех вариантах (STA8088EXA/EX/FGA/FG). Микросхемы выполнены на основе процессорного ядра ARM946 с тактовой частотой 208 МГц и ОЗУ емкостью 256 Кбайт. Микросхемы содержат ВЧ-блоки (RF Front end), от 3 до 8 каналов АЦП, интерфейсы UART, SPI, MSP, SD, USB 2.0, I<sup>2</sup>C, CAN, GPIO. Внешний вид модулей GL8088s, ML8088S и микросхемы STA8088 показан на Рисунке 6.

Рассматриваемые приемники НАВИА поддерживают работу в дифференциальном режиме с двумя внешними источниками сигналов дифференциальной коррекции (СДК).



**Рисунок 6.** Модули GL8088s, ML8088s, микросхема STA8088.

Для этого режима можно использовать поправки, передаваемые спутниковыми системами SBAS (Satellite Based Augmentation System) или передаваемые в модуль по протоколу RTCM SC-104. (RTCM – Radio Technical Commission for Maritime Service – международная некоммерческая организация по стандартизации радиотехнических средств морской навигации и связи; SC-104 – специальный комитет RTCM по спутниковым СДК). В мире действует несколько систем SBAS, базирующиеся на различных действующих спутниковых системах; системы дифференциальных поправок могут быть региональными и глобальными. Из наиболее известных – это WAAS (поддерживается Федеральным управлением гражданской авиации США), EGNOS (поддерживается Европейским космическим агентством), СДКМ – система дифференциальной коррекции и мониторинга ГНСС ГЛОНАСС. Применение СДК увеличивает точность определения координат примерно на 20%.

Наземные системы СДК могут передавать данные о поправках через сети сотовой связи, специальные станции в УКВ и СВ диапазонах и по другим каналам. В любом случае для использования сигналов СДК в навигационном оборудовании необходим приемник таких сигналов, с выхода которого они подаются в модули НАВИА в формате RTCM SC-104. Применение сигналов наземных систем СДК может повысить точность определения координат до 40%.

Для поддержки производителей и разработчиков спутниковых приемников в компании «ПетроИтТрейд» была создана лаборатория «Глонасснави», оснащенная всем необходимым оборудованием и измерительной техникой, включая симуляторы спутниковых сигналов. Высоквалифицированные специалисты лаборатории обеспечивают гарантийное обслуживание потребителей модулей, могут производить анализ схемотехни-

ческих и конструктивных решений конечной аппаратуры заказчиков, а также разрабатывать специальные решения на базе чипов STA8088FG по требованиям клиентов. **РЛ**

## Литература

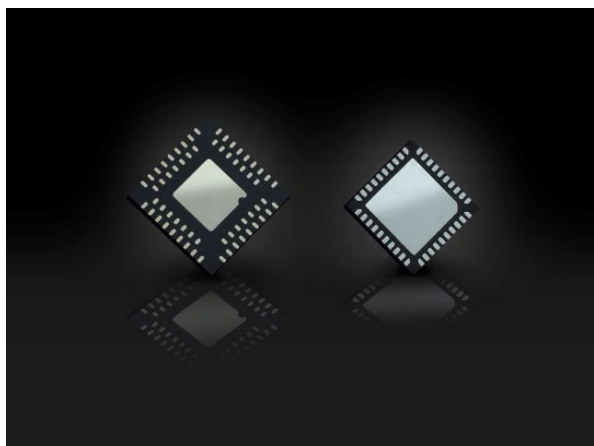
1. Юрий Петропавловский, «Телевизоры с цифровыми обработкой и управлением, ремонт», Радио 1997, №1

# Так ли уж несбыточна мечта о «вечной батарее»?

Nadia Krieger

engineering.com

**У** поставщика полупроводников Atmosic Technologies есть трехэтапный план создания «вечной батареи». Компания сделала первые шаги в этом направлении, выпустив два новых микрочипа с низким энергопотреблением для платформы Bluetooth 5. Калифорнийский стартап полагает, что, ориентируясь на востребованность индустрии Интернета вещей (IoT) и на 35 миллиардов беспроводных подключенных устройств, которые должны появиться в 2020-х годах, он сможет раз и навсегда устранить нашу зависимость от батарей.



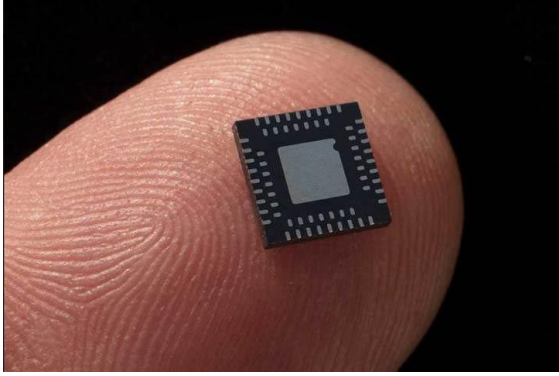
*Atmosic предлагает решение, которое скорее можно назвать батареей с «увеличенным сроком жизни», а не «вечной» батареей, но компания надеется, что достижение конечной цели поможет ей выделиться среди конкурентов.*

Тем не менее, планы Atmosic затрагивают лишь компактные устройства, которые только периодически должны передавать сигнал

данных. Это связано с тем, что центральной частью решения, работающего от «вечной батареи», является улучшение команд пробуждения и сна этих устройств. Вторым шагом будет поддержание энергопотребления на уровне, достаточно низком для того, чтобы пока еще несовершенная технология сбора энергии позволяла обеспечивать работу микросхемы без внешних источников питания.

Решение триединой задачи создания «самого малопотребляющего» радио, пробуждения по запросу и управляемого сбора энергии должно сделать реальностью мечту о 35 миллиардах устройств IoT, которые не будут нуждаться в обслуживании. Atmosic уже выпустила две версии Bluetooth платформы – серий M2 и M3.

«Начав с чистого листа, команда Atmosic перестроила каждый блок радиоустройства, чтобы значительно снизить энергопотребление, сохранив при этом полное соответствие стандарту Bluetooth 5, – пишет генеральный директор Atmosic Дэвид Су (David Su). – Кроме того, чтобы продлить срок службы батареи, нами были проведены усовершенствования на системном уровне. Комбинируя инновации на уровне схемы и на уровне системы, мы можем снизить энергопотребление до такого низкого уровня, при котором сбор энергии окружающей среды станет действительно жизнеспособным источником питания, позволяя приложениям с малой периодичностью включения и низким энергопотреблением иметь неограниченный срок службы аккумулятора или вообще работать без аккумулятора».



Хотя термин «вечная батарея» звучит впечатляюще, то, что в данный момент предлагает Atmosic, на самом деле является беспроводной платформой, которая может продлить жизнь батареи в 10 – 100 раз. Неплохо для молодой компании, которая только выходит на высококонкурентный рынок. Но, как заявил Су, достижение поставленной ею цели «полностью избавиться от батарей» поможет Atmosic выделиться среди прочих компаний. **РЛ**

# Преимущества и недостатки

## трех вариантов управления рабочей точкой светодиода

Uttam Sahu, Texas Instruments

Многие системы формирования изображений отходят от традиционных технологий, таких как лазеры и лампы, переходя к более эффективным решениям, основанным на светодиодных матрицах. Применение резистивных делителей напряжения обеспечивает линейное прямое смещение, достаточное для работы светодиода. Однако в связи с тем, что рабочая точка любого светодиода

может изменяться в зависимости от температуры, а также из-за естественного разброса параметров устройств, для высокоточных схем программируемость рабочей точки становится обязательным требованием.

Распространенные подходы к решению проблемы программируемости рабочей точки основаны на использовании цифровых потенциометров (ЦП), широтно-импульсной модуляции (ШИМ) или прецизионных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП). Однако такие решения должны быть еще и недорогими, компактными и высокоинтегрированными. Тогда выбор правильной архитектуры становится нетривиальной задачей. В этой статье я расскажу о различных вариантах схем управления положением рабочей точки светодиодов при подключении их к верхней шине питания, а также о соответствующих каждому варианту компромиссах.

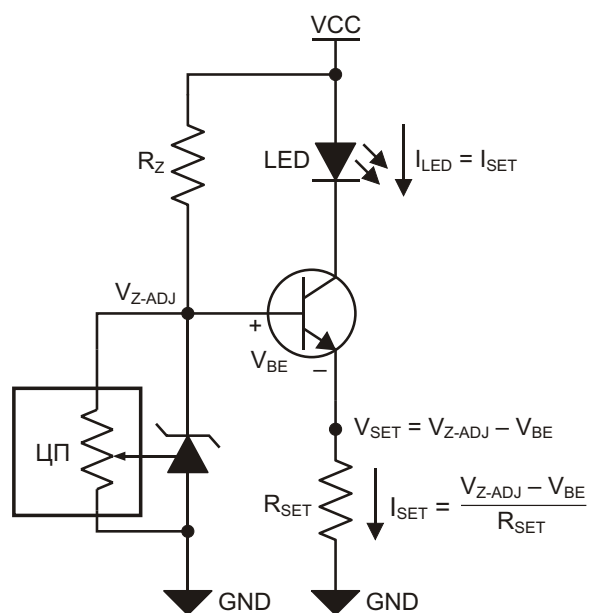


Рисунок 1. Схема управления рабочей точкой, основанная на цифровом потенциометре.

### Управление рабочей точкой с использованием цифрового потенциометра

Обычно светодиоды питаются током. Рисунок 1 иллюстрирует наиболее распространенную реализацию программируемого источника тока на основе цифрового потенциометра и регулируемого шунтового источника опорного напряжения (ИОН). При изме-



нении напряжения на ИОН изменяется ток этой схемы. Хотя вариант с регулируемым ИОН эффективен, его основным недостатком является то, что он требует дополнительных компонентов и соответствующего увеличения площади платы, что, в конечном счете, особенно при управлении светодиодной матрицей, увеличивает стоимость решения. Кроме того, напряжение база-эмиттер ( $V_{BE}$ ) транзистора зависит от температуры и коллекторного тока, что может быть еще более нежелательным для схемы.

## Управление с использованием ШИМ

Вместо цифрового потенциометра и ИОН для управления рабочей точкой можно также использовать ШИМ сигнал. В таких случаях положение рабочей точки определяется постоянной составляющей сигнала ШИМ. Хотя этот способ и прост в реализации, такая схема требует отдельного генератора ШИМ на каждый канал. Другое соображение заключается в том, что непрерывная ШИМ создает потенциальные проблемы, связанные с искажениями и электромагнитными помехами.

## Простой метод управления рабочей точкой с использованием точного ЦАП

Другой способ обеспечения программируемости рабочей точки основан на использо-

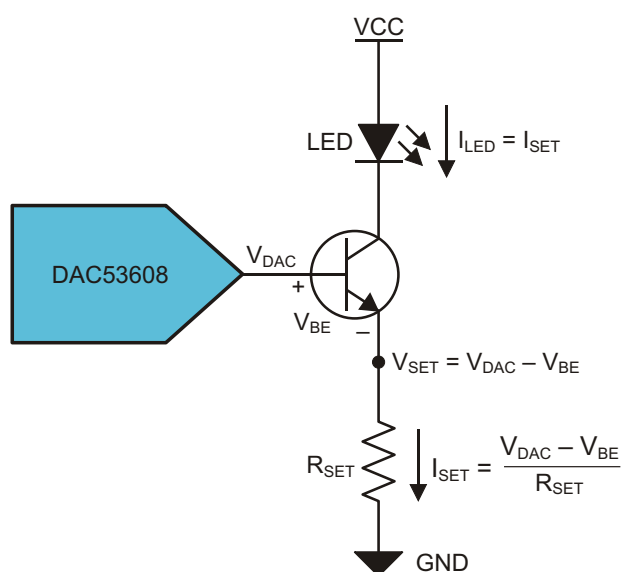
вании точного ЦАП. Такая конфигурация, включающая 10-разрядный 8-канальный ЦАП DAC53608 с буферизованным выходом по напряжению, показана на Рисунке 2. Этот подход позволяет сделать схему наименьшего размера с минимальной стоимостью компонентов.

Имейте в виду, однако, что в этой схеме, как и в предыдущей, может существовать дрейф  $V_{BE}$  транзистора, и для выходного напряжения также может потребоваться некоторый запас относительно шины земли из-за ожидаемого уменьшения  $V_{BE}$ .

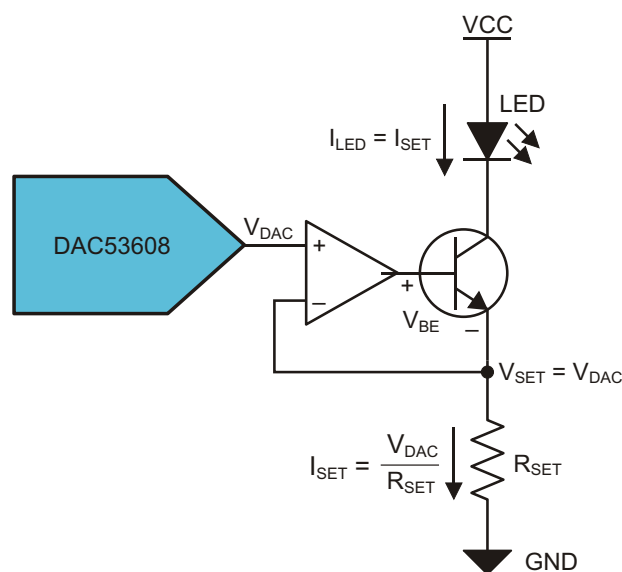
Зависимость  $V_{BE}$  от температуры и тока коллектора можно игнорировать в приложениях, где схема охвачена внешней петлей обратной связи с усилением. Однако может возникнуть проблема с приложениями, в которых нет контура обратной связи, и не используется температурная калибровка. Дрейф  $V_{BE}$ , обусловленный изменениями температуры и коллекторного тока, может стать причиной погрешности усиления и ошибки полной шкалы на уровне системы.

Надежным способом компенсации таких изменений  $V_{BE}$  является размещение схемы внутри петли обратной связи усилителя, как показано на Рисунке 3. Эта схема очень хорошо подходит для приложений, требующих высокой точности. Единственным ее недостатком является дополнительный усилитель.

Использование согласованной пары PNP и NPN транзисторов для компенсации изме-



**Рисунок 2.** Программируемая схема управления рабочей точкой светодиодов.



**Рисунок 3.** Компенсация  $V_{BE}$  с использованием буфера.

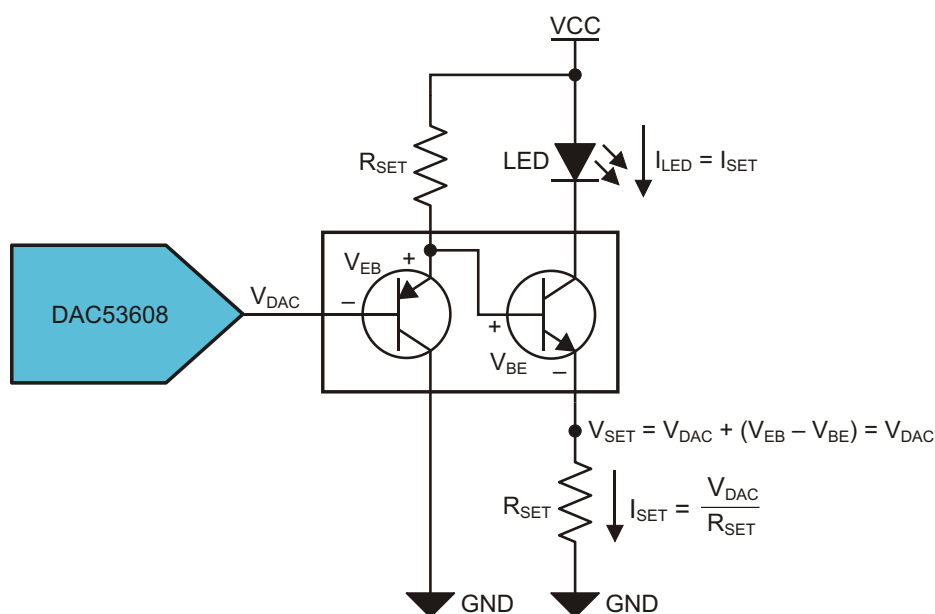


Рисунок 4. Компенсация  $V_{BE}$  без буфера.

нений выходного напряжения и разброса параметров – это еще один способ компенсации  $V_{BE}$ , показанный на Рисунке 4. Как видите, эта схема помогает выдержать баланс

между точностью, размерами решения и его стоимостью.

Все рассмотренные технологии сравниваются в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов управления рабочей точкой светодиодов

Топология	Преимущества и недостатки
Схема на основе цифрового потенциометра	Большее число компонентов увеличивает стоимость и требует больше места на плате. Отсутствует компенсация $V_{BE}$ .
Схема на основе ШИМ	Сложность формирования многоканального сигнала ШИМ. Создает также проблемы искажений и электромагнитных помех.
Схема на основе ЦАП без компенсации $V_{BE}$	Очень простая реализация, пригодная для приложений, не требующих компенсации $V_{BE}$ .
Схема на основе ЦАП с буфером	Подходит для высокоточных приложений. Требуется дополнительного усилителя.
Схема на основе ЦАП с парой согласованных транзисторов	Наилучший компромисс между ценой и точностью.

Варианты на основе высокоточных ЦАП во многих отношениях превосходят другие подходы. Прецизионные ЦАП общего назначения с 8- и 10-битным разрешением уже давно заполнили рынок, но в DAC53608 (и во всем его семействе) реализованы новейшие полупроводниковые технологии, позволяющие легко и с минимальными затратами создать решение для управления рабочей точкой светодиода.

DAC53608 – первая микросхема в семействе миниатюрных ЦАП. Восьмиканальный прибор с буферизованным выходом по

напряжению выпускается в крошечном корпусе QFN размером  $3 \times 3$  мм. Он работает от одного источника питания и дополнен совместимой по выводам восьмиразрядной версией DAC43608. Эти ЦАП имеют интерфейс  $I^2C$ , на шине которого можно с помощью единственного аппаратного вывода установить до четырех адресов устройств, что позволяет использовать до 32 каналов без необходимости в буфере  $I^2C$ . **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments DAC43608/53608](#)

# настоящее немецкое качество

**Testboy**  
GmbH, Germany

контрольно-  
измерительное  
оборудование

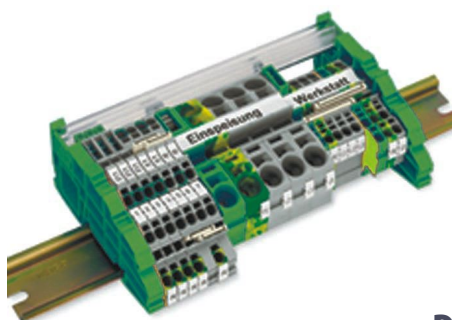


»»» **JOKARI**<sup>®</sup>  
original

инструмент для  
разделки кабеля  
и снятия изоляции



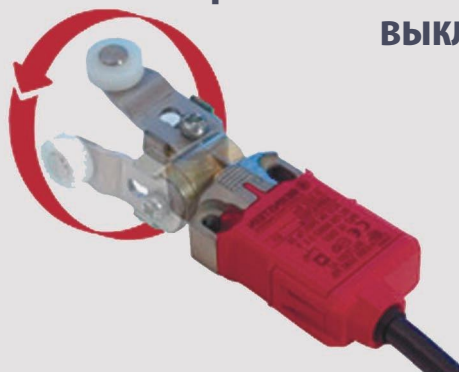
**WAGO**<sup>®</sup>  
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы  
на DIN рейку  
и для печатных плат

**BERNSTEIN**  
safe solutions

промышленные корпуса  
выключатели  
датчики



**ДЕЦИМА**

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

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



# Селектор максимальных и/или минимальных по уровню сигналов



Михаил Шустов, г. Томск

Приведены схемы устройств выбора максимального и/или минимального по уровню сигнала из двух сигналов, поступающих на входы устройства

Селектор максимальных и/или минимальных по уровню сигналов предназначен для сравнения двух сигналов, поступающих на его входы, с последующим выделением из них сигналов максимального и/или минимального уровня. Устройство может быть использовано в системах автоматической

коррекции направления движения транспортных средств и их моделей, ориентации направленных антенн, солнечных батарей, выбора источника сигнала и т.д.

На Рисунке 1 приведена схема селектора максимального сигнала. Резисторы R1–R5 на входе устройства образуют своеобразную

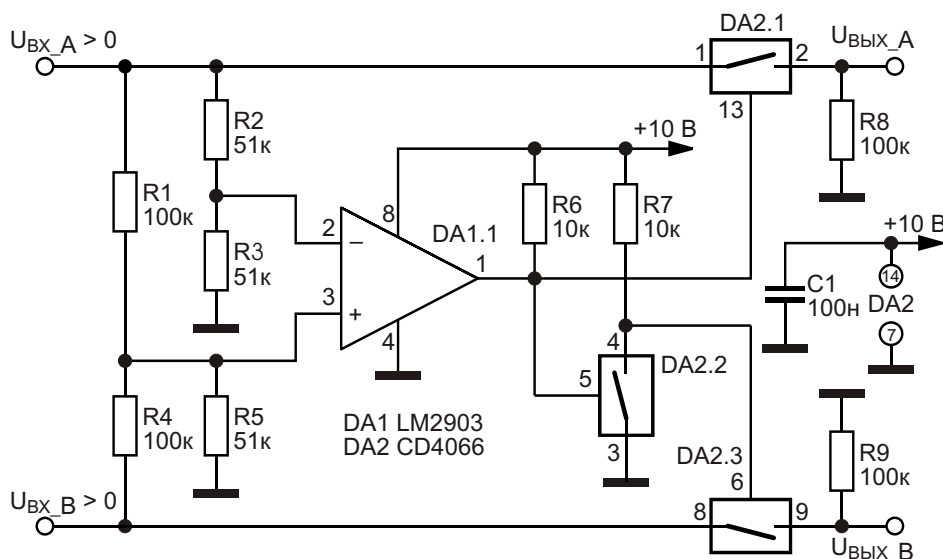
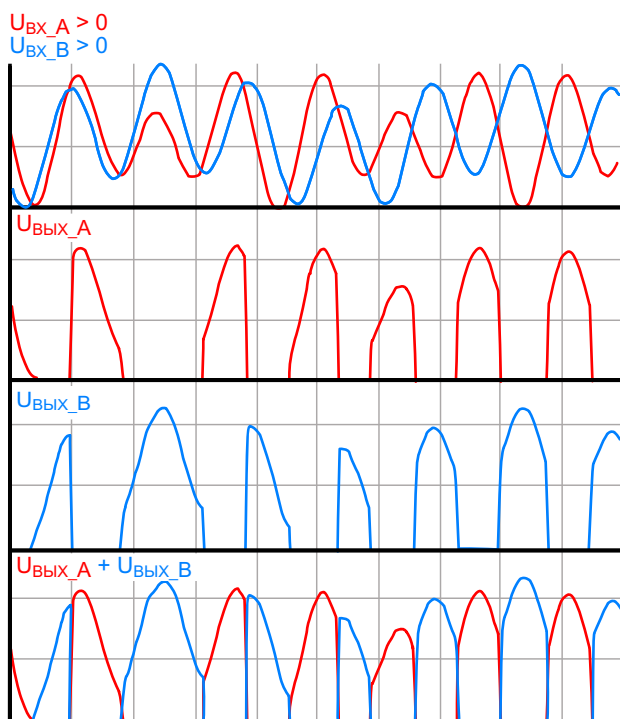


Рисунок 1. Электрическая схема устройства выбора максимального сигнала.

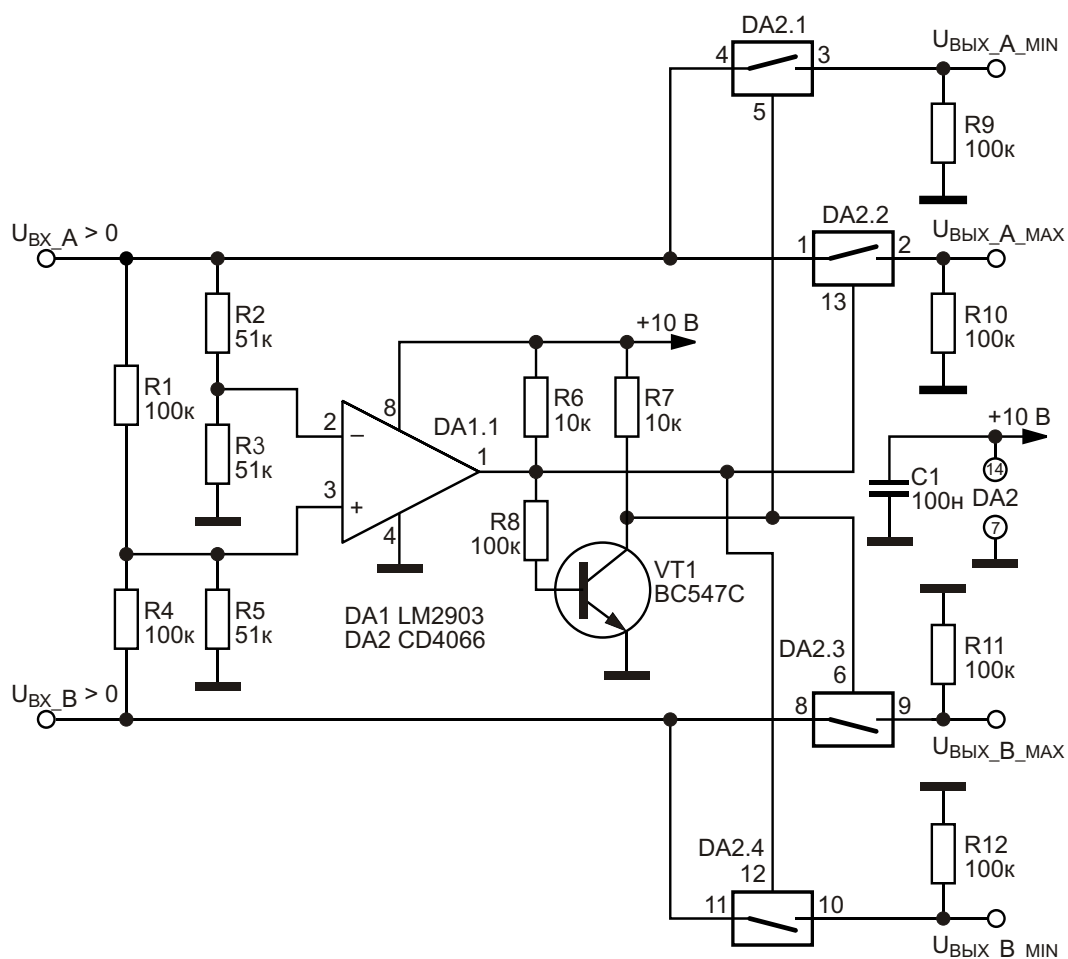


**Рисунок 2.** Диаграммы сигналов на входах и выходах устройства.

динамическую мостовую схему. Левое плечо моста образовано резисторами R1, R4, R5 и представляет собой смеситель сигналов, поступающих на входы А и В устройства. Правое плечо моста образовано резистивным делителем R2 и R3. При отсутствии входных сигналов мост сбалансирован. К диагонали моста подключены входы компаратора DA1.1 (микросхема LM2903).

Сигнал с выхода компаратора поступает на управляющий вход электронного коммутатора DA2.1 (микросхема CD4066) и, через аналог логического инвертора на элементе DA2.2, на управляющий вход электронного коммутатора DA2.3.

В случае, если напряжение на входе А в данный момент времени превышает напряжение на входе В, на выходе компаратора DA1.1 присутствует напряжение логической единицы, каналы коммутаторов DA2.1 и DA2.2 имеют минимальное сопротивление (десятки Ом). Следовательно, сигнал с входа А беспрепятственно проходит на выход А. Напряжение на управляющем входе DA2.3



**Рисунок 3.** Устройство выбора максимального и минимального сигналов.

близко к нулю, канал коммутатора разомкнут, сигнал с входа В не проходит на выход В.

В случае, если напряжение на входе В в данный момент времени превышает напряжение на входе А, на выходе компаратора DA1.1 присутствует напряжение логического нуля, каналы коммутаторов DA2.1 и DA2.2 имеют максимальное сопротивление. Напряжение на управляющем входе электронного коммутатора DA2.3 равно логической единице, канал коммутатора проводит ток. Сигнал с входа В беспрепятственно проходит на выход В, а сигнал с входа А не проходит на выход А.

Если один из сигналов отсутствует, второй сигнал проходит без искажений на соответствующий выход.

Диаграммы сигналов на входах и выходах устройства приведены на Рисунке 2. На

нижней диаграмме показан случай, когда выходы А и В объединены, и на эти выходы проходят сигналы максимальной амплитуды, выделенные из сигналов с входов А и В. Переходные процессы при переключении выходов не отличаются выраженной крутизной, что обусловлено низким быстродействием компаратора (микросхема LM2903).

Селектор, Рисунок 1, может быть преобразован в устройство выбора минимального сигнала. Для этого достаточно переключить входы компаратора или задействовать дополнительные каналы коммутаторов (Рисунок 3). **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4066B](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LM2903](#)

# Недорогой генератор чистого синусоидального сигнала

Catherine Chang, Philip Karantzalis u Aaron Schultz, Linear Technology

Design Note 564

Не так давно семейство операционных усилителей Linear Technology было расширено приборами с лучшим в отрасли соотношением скорости и напряжения питания. Серия LTC6258/LTC6259/LTC6260 (одиночный, сдвоенный, счетверенный) обеспечивает производство усиления на полосу пропускания 1.3 МГц при потребляемом токе всего 20 мкА, максимальное напряжение смещения 400 мкВ и rail-to-rail входы и выходы. В сочетании с источником питания 1.8 ... 5.25 В этот операционный усилитель (ОУ) позволяет создавать низковольтные приложения с высочайшими характеристиками, низким энергопотреблением и разумной ценой.

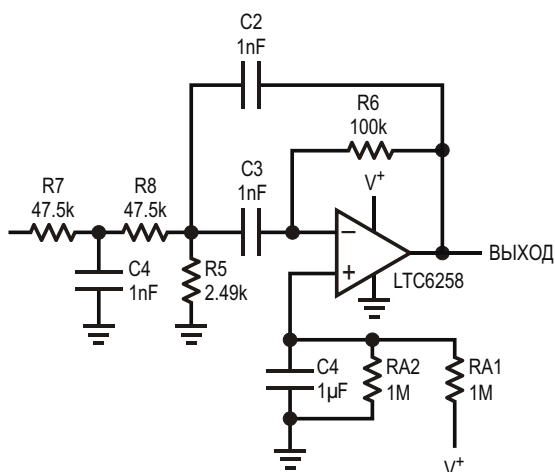


Рисунок 1. Полосовой фильтр 10 кГц.

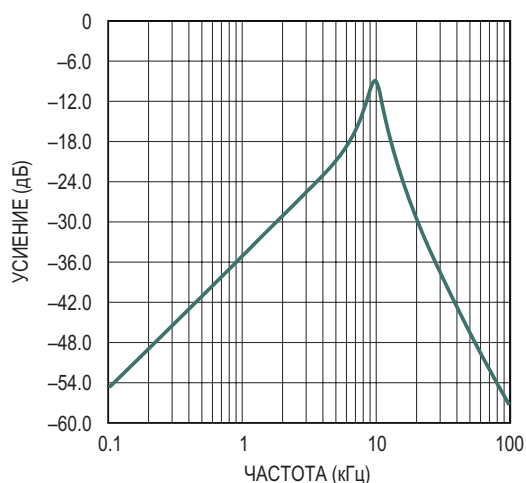
## Синусоида с низкими искажениями

Речь не идет о том, чтобы пытаться генерировать синусоиду с искажениями –100 дБн с помощью маломощного 5-вольтового операционного усилителя. Будет использован другой подход. Создать дешевый низковольтный генератор синусоидального сигнала с очень низким потреблением мощности можно, объединив простой маломощный генератор прямоугольных импульсов с полосовым фильтром, использующим LTC6258.

## Активный фильтр

Полосовой фильтр на Рисунке 1 связан с входом по переменному току. Благодаря этому вход LTC6258 не нагружает предыдущий каскад, позволяя использовать весь диапазон синфазных напряжений. Смещение для полосового фильтра на микросхеме LTC6258 задает простой резистивный делитель RA1, RA2. Привязка входов операционного усилителя к фиксированному напряжению помогает уменьшить искажения, которые могут возникнуть при изменениях синфазного напряжения.

Центральная частота фильтра равна 10 кГц (Рисунок 2). Точные значения сопротивлений и емкостей могут быть изменены вверх или вниз, в зависимости от того, являются ли более приоритетными низкие шумы резисторов или низкий общий ток потребле-



**Рисунок 2.** Зависимость усиления и фазы полосового фильтра от частоты.

ния. Данная реализация была оптимизирована для низкого рассеяния мощности за счет уменьшения тока в контуре обратной связи. Первоначально емкости конденсаторов C2 и C3 были равны 4.7 нФ или больше, а сопротивления резисторов ниже. В окончательном варианте схемы, оптимизированной для снижения потребления, были использованы конденсаторы 1 нФ и резисторы с более высокими сопротивлениями.

Помимо рассеиваемой мощности, вторым, но не менее важным аспектом импеданса петли обратной связи является нагрузка rail-to-rail выходного каскада операционного усилителя. Более тяжелые нагрузки, такие как 1 кОм и 10 кОм, значительно снижают усиление петли обратной связи, что, в свою очередь, влияет на точность полосового фильтра. В техническом описании показано, что усиление для большого сигнала при уве-

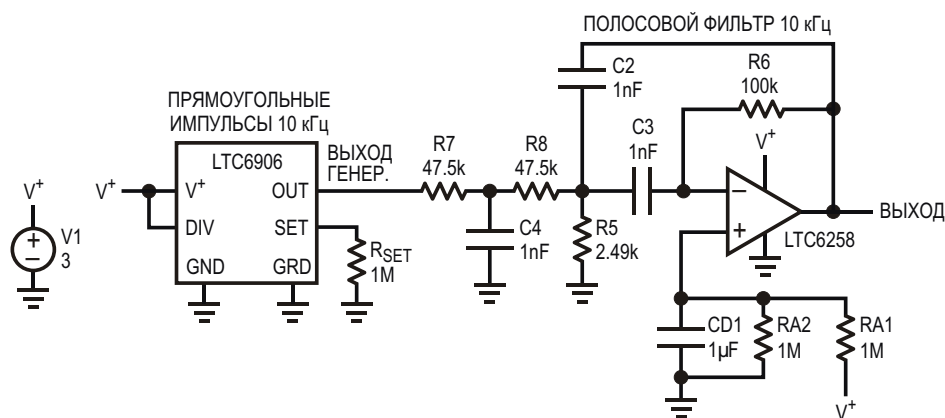
личении нагрузки со 100 кОм до 10 кОм уменьшается в 5 раз. Емкости конденсаторов C2 и C3 можно уменьшить, но тогда сопротивление R6 становится еще больше, создавая больше шума на выходе.

Величина добротности для этого полосового фильтра была выбрана небольшой – приблизительно 3. Умеренная, а не высокая добротность дает возможность использовать конденсаторы с допуском 5%. Более высокое значение добротности потребует более точных конденсаторов и, скорее всего, более высокого коэффициента усиления разомкнутого контура на частоте 10 кГц, чем это достижимо при данном импедансе обратной связи. Естественно, низкая добротность приводит к худшему подавлению гармоник, чем более высокая.

## Добавление генератора

Маломощный синусоидальный сигнал может быть получен подачей прямоугольных импульсов на полосовой фильтр. Полная схема изображена на Рисунке 3. Микро мощный генератор прямоугольных импульсов LTC6906, частота которого с помощью внешнего резистора установлена равной 10 кГц, может управлять относительно легкой нагрузкой, каковой для него являются входные резисторы полосового фильтра. Ток, потребляемый LTC6906 на частоте 10 кГц, составляет 32.4 мкА.

На Рисунке 4 показаны осциллограммы выходных сигналов микросхемы LTC6906 и полосового фильтра. Уровни второй и третьей гармоник синусоиды равны, соответственно, -46.1 дБн и -32.6 дБн. Выходной сигнал составлял от 1.34 В пик-пик до 1.44 В пик-пик



**Рисунок 3.** Схема генератора 10 кГц, использующая микросхему LTC6906.



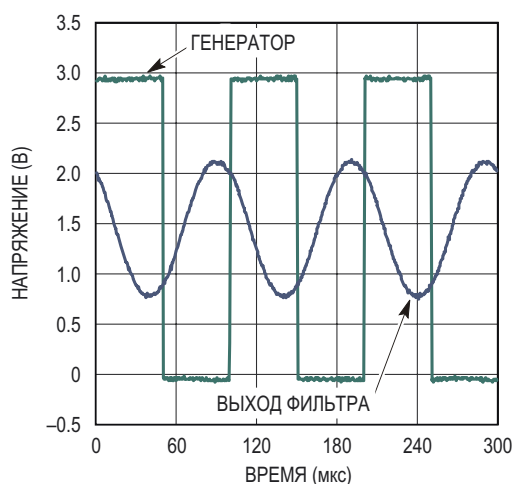
со слегка изменяющимся точным уровнем из-за конечного усиления ОУ без обратной связи на частоте 10 кГц. Ток, потребляемый от шины 3 В, не превышает 5 мкА.

## Другие усовершенствования

На Рисунке 5 показаны дополнительные улучшения. Маломощный источник опорного напряжения LT6656 позволяет использовать способность LTC6906 и LTC6258 работать при очень низком напряжении питания. При питании от батареи опорный источник обеспечивает напряжение 2.5 В. Фиксированное питание 2.5 В стабилизирует размах выходного сигнала при изменениях входного напряжения. Кроме того, более низкие емкости конденсаторов фильтра с более высокими сопротивлениями резисторов еще больше уменьшают нагрузку на LTC6258, снижая рассеивание мощности и повышая точность фильтра.

## Заключение

Серия LTC6258/LTC6259/LTC6260 (одноточный, двоянный, счетверенный) обеспечивает производство усиления на полосу пропускания 1.3 МГц при потребляемом токе всего 20 мкА, максимальное напряжение смещения 400 мкВ и rail-to-rail входы и выходы.

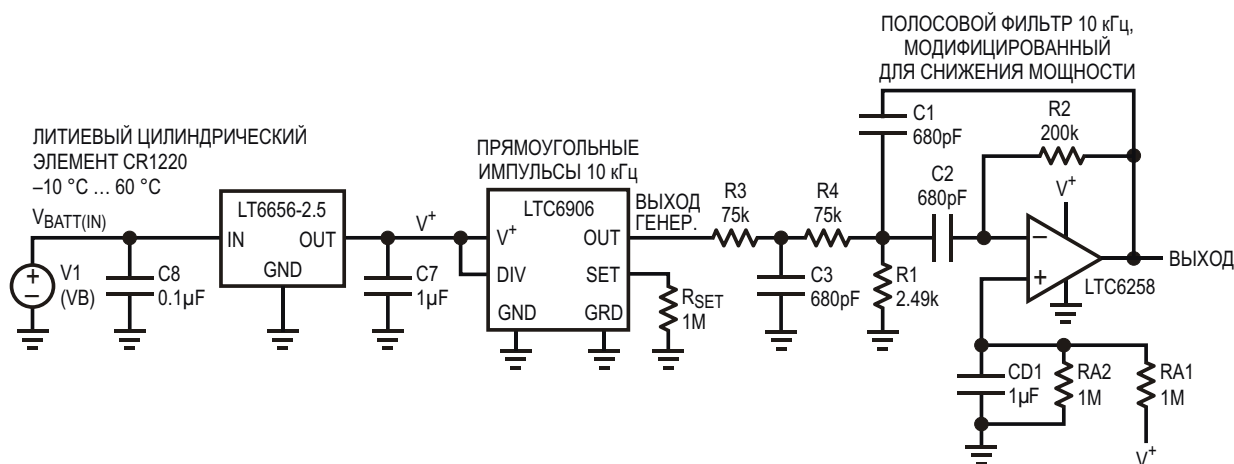


**Рисунок 4.** Осциллограммы выходных сигналов генератора и фильтра.

В сочетании с источником питания 1.8 ... 5.25 В этот операционный усилитель позволяет создавать низковольтные приложения с отличными характеристиками, небольшим энергопотреблением и низкой ценой. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LTC6258/LTC6259/LTC6260](#)
2. [Datasheet Linear Technology LT6656](#)
3. [Datasheet Linear Technology LTC6906](#)



**Рисунок 5.** Генератор и фильтр со стабилизированным питанием.

# Два 8-битных выхода ШИМ образуют 16-разрядный ЦАП

Stephen Woodward

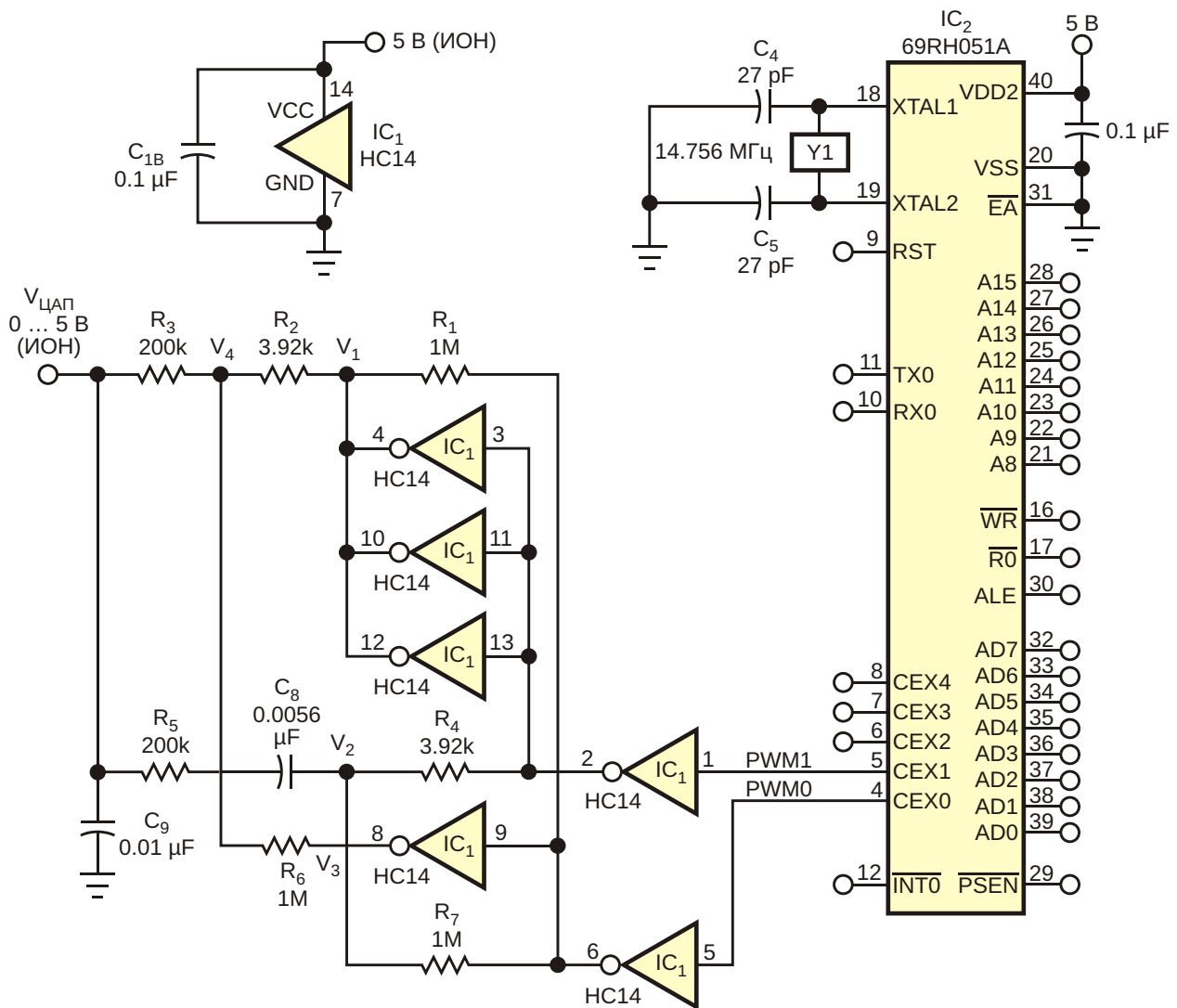
EDN

**Н**едорогие 16-разрядные монолитные ЦАП могут использоваться практически во всех приложениях. Однако некоторые приложения требуют нестандартных подходов. Эта статья касается схемы, которую я недавно разработал для управления перестраиваемым лазерным диодом в спектрометре, предназначенном для исследования Марса. Схема управления включала два 16-разрядных ЦАП, подключенных к микроконтроллеру 69RH051A – радиационно-стойкой версии 8051. Из-за космического предназначения прибора в проекте могли использоваться только компоненты, входящие в NPSL (NASA parts-selection list – ограничительный перечень NASA). Это ограничение представляло собой проблему, поскольку на момент завершения разработки в NPSL еще не было соответствующих 16-разрядных ЦАП, а средства для сертификации новых устройств не были включены в бюджет. Я вырвался из этого тупика, воспользовавшись двумя благоприятными фактами. Частота обновления двух ЦАП составляла всего 10 Гц, а 69RH051A имел несколько неиспользованных выходов 8-битных 14.5-килогерцовых ШИМ. С помощью комбинации этих выходов был сделан один 16-битный ЦАП (Рисунок 1).

Шина питания  $V_{CC}$  микросхемы IC<sub>1</sub>, содержащей шесть инверторов, подключается к прецизионному источнику опорного напряжения (ИОН) 5 В. Выходные сигналы инверто-

ров представляют собой прямоугольные импульсы с точными аналоговыми уровнями. Выход ШИМ PWM<sub>0</sub>, соответствующий младшему байту ЦАП, управляет прямоугольными импульсами  $V_3$ , а выход 8051, отвечающий за старшие разряды ЦАП (PWM<sub>1</sub>), управляет прямоугольными импульсами  $V_1$ .  $R_2$  и  $R_6$  пассивно суммируют два меандра в соотношении  $R_2/R_6 = 3290/1 \text{ млн} = 1/255$ , чтобы получить сигнал  $V_4$ , дублирующий  $2^8$ -кратную пропорцию 16-битной суммы. Эта операция делает постоянную составляющую напряжения  $V_4$  равной  $5 \text{ В(ИОН)}(PWM_0 + 255PWM_1)/256$ . Так, если вы записываете 0...255 (старший байт кода ЦАП 0...65,535) в регистр CEX1 контроллера 8051, а младший байт записываете в CEX0, соответствующее 16-битное аналоговое представление будет содержаться в постоянной составляющей  $V_4$ . Единственным фактором, ограничивающим монотонность и точность схемы, является точность соотношения сопротивлений резисторов  $R_2$  и  $R_6$ . Например, разрешение ЦАП при использовании резисторов  $R_2$  и  $R_6$  с допуском 1% составляет 14.5 бит, и достигает полных 16 бит при допуске 0.3% или лучше. Но на этом история не заканчивается. Остаются нерешенными две проблемы.

Первая проблема заключается в извлечении из мешающих прямоугольных импульсов полезной компоненты постоянного тока  $V_4$  с точностью соответствующей 16 или, по край-



**Рисунок 1.** Комбинация двух выходов ШИМ микроконтроллера образует монотонный 16-битный ЦАП.

ней мере, 15 битам (99.995%). Часть этой работы выполняет фильтр нижних частот  $R_3$ - $C_9$ . В принципе, если выбрать емкость  $C_9$  достаточно большой, фильтр может сделать всю работу. Причина, по которой этот простой подход не сработает, заключается в том, что для получения такого большого ослабления пульсаций, равного приблизительно 90 дБ, с помощью однокаскадного RC-фильтра потребуется постоянная времени порядка 300 мс, которой соответствует время установления 3 секунды. Такое время отклика будет слишком большим даже для этого нетребовательного приложения. Чтобы ускорить процесс, цепь  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_7$ ,  $C_8$  синтезирует, а затем суммирует  $V_2$  – дубликат обратной полярности переменной составляющей  $V_4$  с частотой 14.5 кГц. Это суммирование актив-

но компенсирует примерно 99% пульсаций. После такой компенсации остаточные пульсации настолько малы, что они могут быть легко удалены цепочкой  $R_3C_9$  с постоянной времени 2 мс, то есть, с временем установления примерно 25 мс.

Другая проблема – компенсация низких, но все же отличных от нуля сопротивлений открытых внутренних КМОП ключей микросхемы 54HC14, необходимая для того, чтобы эти сопротивления не нарушали критического соотношения  $R_2$  и  $R_6$ . Для  $R_6$  это не имеет особого значения, поскольку отношение сопротивлений  $R_6$  к сопротивлению открытого ключа превышает 10,000:1, что позволяет любую ошибку, связанную с сопротивлением канала, не принимать в расчет. Однако этого нельзя сказать про  $R_2$ , поскольку,

несмотря на параллельное соединение трех вентилях, отношение сопротивления  $R_2$  к сопротивлению открытых ключей составляет приблизительно 300:1, что достаточно мало, чтобы не обращать на него внимания. Эта проблема решается компенсационным резистором  $R_1$ .  $R_1$  в управляющем узле  $R_2$  суммирует ток, равный по величине, но противофазный току, идущему через  $R_6$ , и эффективно компенсирует нагрузку на выходы вентилях, подключенных к  $R_2$ . Поэтому влияние общего сопротивления открытых ключей ослабляется примерно в 100 раз. В

результате получается простой, высоколинейный и точный ЦАП с выходом по напряжению, не очень быстрый, но все же с достаточно respectable временем установления около 25 мс. А самым важным результатом, в данном случае, был перечень компонентов с безупречным соответствием NPSL. **PL**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Aeroflex UT69RH051](#)
2. [Datasheet Texas Instruments SN54HC14](#)

## ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

### ОКО Мобайл 3G

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



### ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ “ОКО АРХИВ”

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

#### ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet  
сменный жесткий диск

#### ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet  
встроенный жесткий диск

#### ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



“Децима”

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

# Дизеринг рабочей частоты преобразователя напряжения для снижения уровня электромагнитных помех

Bob Bell

EDN

Разработчики импульсных DC/DC преобразователей энергии сталкиваются с проблемой электромагнитных излучений, создаваемых устройствами при их нормальной работе. Если уровень этих излучений достаточно высок, они проникают в шины питания или создают кондуктивные помехи в других внутренних узлах системы и могут существенно

ухудшить характеристики системы. Обычно пики излучения возникают на основной частоте переключения преобразователя напряжения и постепенно уменьшаются по амплитуде по мере увеличения номера гармоники, при этом большая часть излучаемой энергии ограничивается первой и низшими гармониками. Модуляция, или дизеринг рабочей час-

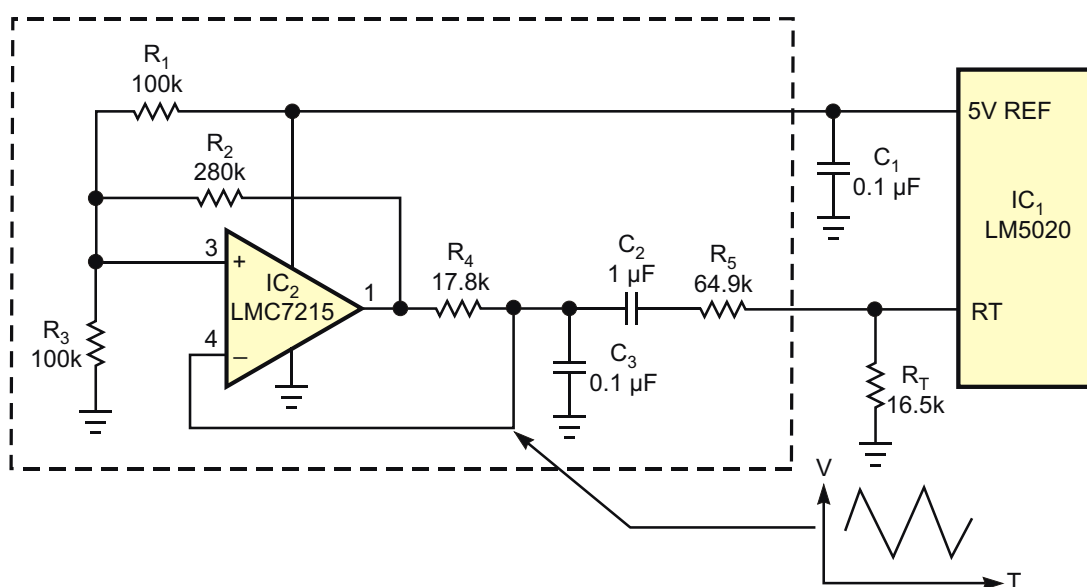


Рисунок 1. Низкочастотный генератор треугольных импульсов модулирует частоту генератора ШИМ-контроллера.

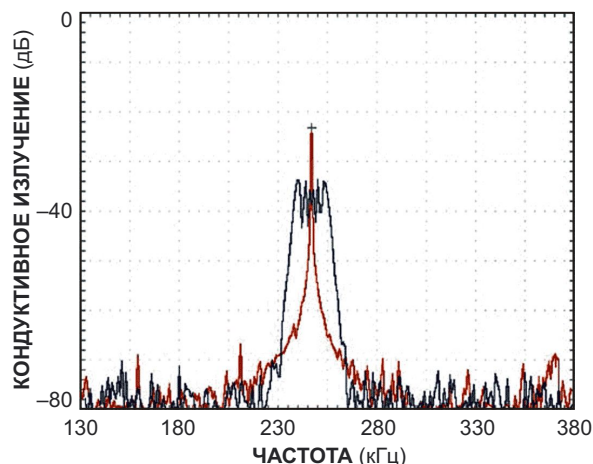
тоты преобразователя может снизить пиковый уровень выбросов, распределив энергию электромагнитных помех в более широкой полосе частот.

В большинстве современных контроллеров ШИМ рабочая частота устанавливается внешним резистором, и, как правило, увеличивается с уменьшением его сопротивления. Например, внутренний генератор микросхемы LM5020 формирует на выводе программирования частоты RT стабилизированное напряжение 2 В, с помощью которого подключенный к этому выводу резистор устанавливает ток, идущий во внутренний времязадающий конденсатор. Период нарастания и спада тока времязадающего конденсатора определяет частоту генератора.

Схема внешнего дизайнера на Рисунке 1 содержит простой автономный генератор на основе компаратора, настроенный для работы на частоте примерно 800 Гц. При включении питания выход компаратора IC<sub>2</sub> находится в низком состоянии. Резисторы R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> и R<sub>3</sub> устанавливают напряжение на неинвертирующем входе компаратора, которое изначально составляет 2.9 В. Напряжение на конденсаторе C<sub>3</sub> начинает расти.

Когда напряжение на инвертирующем входе компаратора достигает уровня положительного порога, уровень выходного сигнала компаратора становится низким и уменьшает пороговое напряжение на неинвертирующем входе до 2.1 В. Затем начинается спад напряжения на конденсаторе C<sub>3</sub> до нового, нижнего порога, и после того, как оно сравняется с ним, цикл повторяется. Напряжение на C<sub>3</sub> аппроксимирует последовательность треугольных импульсов с минимальным и максимальным уровнями, равными, соответственно, 2.1 В и 2.9 В.

Генерируемые микросхемой IC<sub>2</sub> треугольные импульсы модулируют ток, вытекающий из вывода RT, который, в свою очередь, модулирует частоту ШИМ-генератора контроллера LM5020. Глубину модуляции задает резистор R<sub>5</sub>. Правая сторона R<sub>5</sub> подключена к фиксированному стабилизированному потенциалу 2 В вывода RT, а на левую сторону через конденсатор C<sub>2</sub> подаются низкочастотные треугольные импульсы, формируемые IC<sub>2</sub>. Если сопротивление резистора R<sub>5</sub> равно 64.9 кОм,



**Рисунок 2.** Пиковый уровень кондуктивной помехи, измеренный на входе DC/DC преобразователя без модуляции рабочей частоты (красная кривая), уменьшается на 10 дБ после подключения схемы дизайнера (синяя кривая).

пиковый размах тока, проходящего через резистор, равен приблизительно 12 мкА. При отключенной схеме дизайнера из вывода RT вытекает постоянный ток примерно 121 мкА. Таким образом, ток дизайнера 12 мкА пик-пик обеспечивает глубину модуляции 10%.

Эффективность дизайнера оценивалась с помощью схемы обратного DC/DC преобразователя на основе ШИМ-контроллера LM5020 (IC<sub>1</sub>). Рабочая частота схемы определяется сопротивлением резистора R<sub>T</sub>, подключенного к входу контроллера, и составляет 250 кГц. Красная кривая на Рисунке 2 показывает уровень кондуктивной помехи на входной положительной шине питания схемы, работающей без использования дизайнера. Измеренный пик излучения, сосредоточенный в узкой полосе вокруг основной частоты колебаний генератора 250 кГц, имеет уровень -24 дБ.

После подключения схемы дизайнера к входу RT контроллера спектр помехи приобретает вид, представленный синей кривой на Рисунке 2. Теперь энергия помехи распределена вокруг основной частоты, и ее максимальная амплитуда уменьшилась на 10 дБ до -34 дБ. **PL**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM5020](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LMC7215](#)

# Простая схема ограничения и сдвига уровня для параллельного АЦП

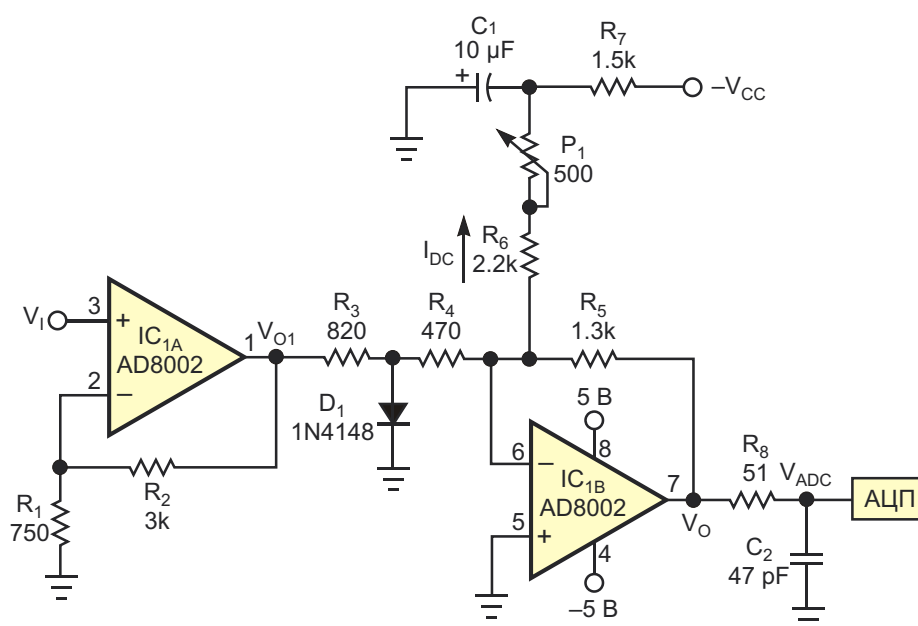
Alfredo del Rio

EDN

В спецификациях многих параллельных АЦП, таких как выпускаемый Texas Instruments ADC1175, рекомендованный диапазон входных рабочих напряжений составляет от 0.6 до 2.6 В. Однако в некоторых приложениях требуется дискретизация симметричного входного аналогового сигнала. Описанная в этой статье схема преобразует симметрич-

ный входной сигнал от  $-0.2$  до  $+0.2$  В в сигнал рекомендованный для АЦП диапазона от 0.6 до 2.6 В (Рисунок 1). Кроме того, схема не позволяет выходному напряжению опускаться ниже потенциально опасного для АЦП уровня  $-0.3$  В.

Для получения широкой полосы пропускания в схеме используется двойной опера-



**Рисунок 1.** Добавление  $R_3$  и  $D_1$  к обычной схеме операционного усилителя превращает его в ограничитель. Уровень ограничения определяется компонентами  $R_3$ ,  $D_1$ ,  $R_4$  и  $R_5$ . Добавление тока  $I_{DC}$  позволяет смещать постоянный уровень выходного напряжения.



ционный усилитель с токовой обратной связью AD8002. Коэффициент усиления напряжения первого неинвертирующего усилителя (IC<sub>1A</sub>) равен пяти. Этот каскад, имеющий высокое входное и низкое выходное сопротивление, обеспечивает также согласование входного сигнала со вторым каскадом IC<sub>1B</sub>. Основную часть работы выполняет второй каскад. Функция ограничения реализуется инвертирующим усилителем, образованным микросхемой IC<sub>1B</sub> и резисторами R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, к которому добавлены R<sub>3</sub> и D<sub>1</sub>. Уровень ограничения задается элементами R<sub>3</sub>, D<sub>1</sub>, R<sub>4</sub> и R<sub>5</sub>. Добавление тока I<sub>DC</sub> сдвигает постоянный уровень выходного напряжения. Требуемый уровень смещения, в данном случае 1.6 В, устанавливается подстроечным резистором P<sub>1</sub>.

Считая ток диода D<sub>1</sub> пренебрежимо малым, выражение для выходного напряжения V<sub>O</sub> можно записать так:

$$V_O = V_I \frac{R_5}{R_3 R_4} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_{CC} \frac{R_5}{R_6 P_1 R_7}$$

$$1.6 = 5V_I - 0.05V_{CC}$$

Учитывая, что напряжение V<sub>D</sub> на диоде равно 0.6 В,

$$V_O = V_D \frac{R_5}{R_4} - V_{CC} \frac{R_5}{R_6 P_1 R_7}$$

$$1.6 = 1.65 - 0.05V_{CC}$$

Ограничение, защищающее АЦП, происходит вблизи 0 В. Повышение порога ограничения ухудшает линейность схемы в рабочем диапазоне. Другими словами, между уровнем ограничения и линейностью существует компромисс. Резистор R<sub>8</sub> ограничивает ток через входной вывод АЦП. Конденсатор C<sub>2</sub> является необязательным; он служит для ограничения полосы пропускания схемы. Блокировочный конденсатор C<sub>1</sub> снижает уровень помех, которые могут приходиться по шине питания -V<sub>CC</sub>. **РЛ**

### Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8002](#)
2. [Datasheet Texas Instruments ADC1175](#)

# Необычная схема буфера класса А на основе источника тока

Horst Koelzow

EDN

Основой описанной здесь схемы послужил классический двухтранзисторный источник тока (Рисунок 1). Ток, проходящий через резистор  $R_1$ , зависит только от напряжения  $V_{BE}$  (база-эмиттер) транзистора  $Q_2$  и от сопротивления самого  $R_1$ . Напряжение  $V_{BE}$  транзистора  $Q_1$  на выходной ток не влияет. Обычно такие схемы находят применение в источниках постоянного тока или в качестве ограничителей. Для верхней, положительной полуволны сигнала схема является усилителем. Добавление комплементарного каскада для нижней, отрицательной половины сигнала делает схему законченным буфером (Рисунок 2). Эмиттеры транзисторов  $Q_2$  и  $Q_3$  становятся входом схемы, а точка соединения резисторов  $R_1$  и  $R_2$  – выходом. Входной нагрузочный резистор  $R_3$  устанавливает выходное

напряжение покоя. Источники смещения (источники тока  $I_{BIAS}$  на рисунках) можно заменить резисторами.

В состоянии покоя с рабочей точкой 0 В обе половины схемы работают при максимальном токе, а потенциалы входа и выхода равны. При подаче входного напряжения вы вводите ток в узел эмиттеров  $Q_2 - Q_3$ . Из этой точки ток может идти вверх в базу  $Q_1$  или вниз в базу  $Q_4$ . Направление входящего тока

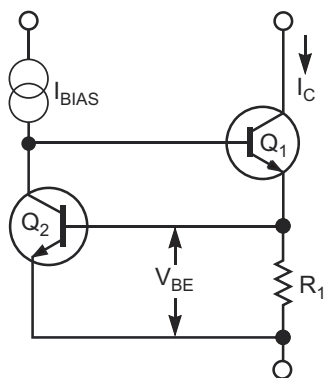


Рисунок 1. Классический двухтранзисторный источник тока обычно используется в источниках постоянного тока или в качестве ограничителя.

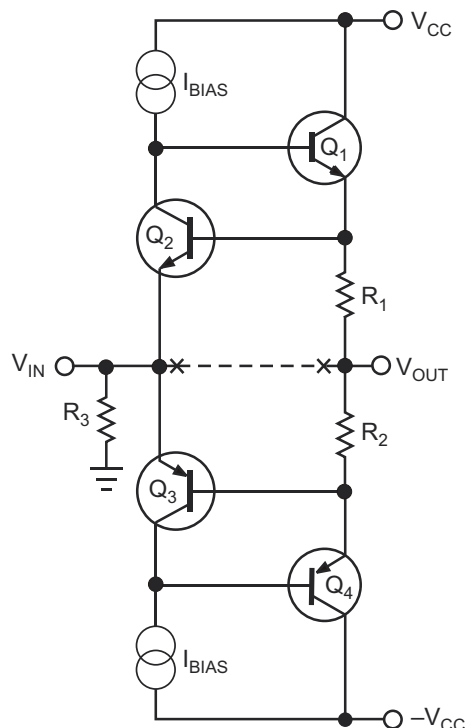


Рисунок 2. Добавление к источнику тока еще одного каскада превращает его в буфер.

определяется уровнем выходного напряжения относительно входного. Если входное напряжение положительно, оно не влияет на верхнюю половину, потому что оно уже ограничено. Однако оно может уменьшить ток, управляющий нижней половиной, что приведет к уменьшению нижней полуволны выходного тока. Уменьшение выходного тока нижней части вызывает рост выходного напряжения. Короче говоря, ток входного сигнала «не ограничивает» напряжение в каскаде противоположной полярности.

На первый взгляд может показаться, что схема имеет единичное усиление. Но, поскольку  $Q_2$  и  $Q_3$  подключены к верхним точкам резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , а не к выходу схемы, фактически  $R_1$  и  $R_2$  включены последовательно с выходной нагрузкой. Низкое сопро-

тивление нагрузки  $R_{LOAD}$  значительно нагружает схему, однако до тех пор, пока входной каскад не начнет ограничивать сигнал, схема не вносит искажений. Видимое со стороны источника сигнала входное сопротивление буфера равно

$$h_{FE(Q1)} \times (R_1 + R_{LOAD}) \text{ Ом,}$$

где  $h_{FE}$  – прямой коэффициент передачи тока базы.

$Q_2$  и  $Q_3$  – это каскады с общей базой. Их назначение состоит в преобразовании входного напряжения в напряжение смещения, требуемое для  $Q_1$  и  $Q_4$ . Эффект преобразования напряжения позволяет напрямую заменять транзисторы другими устройствами, такими как MOSFET или транзисторы Дарлингтона. **РЛ**

# Драйвер светодиодов с программно управляемой яркостью

Neda Shahi

EDN

Развитие технологии светодиодов постепенно расширило сферу их применения от простых индикаторов до базовых элементов современных систем освещения. Повышенная надежность и прочность (по сравнению с другими технологиями освещения) обеспечили им доминирующее положение на сегодняшнем рынке светотехнической продукции. В последние годы поставщики представили множество интегральных схем драйверов

светодиодов, но проблеме управления последовательными цепочками светодиодов уделялось меньше внимания. Один из возможных подходов к решению этой проблемы – адаптация микросхемы источника смещения лавинных фотодиодов для регулировки тока, программного отключения и логической индикации обрывов цепи (Рисунок 1). В этой конструкции микросхема IC<sub>1</sub>, изначально предназначенная для управления смеще-

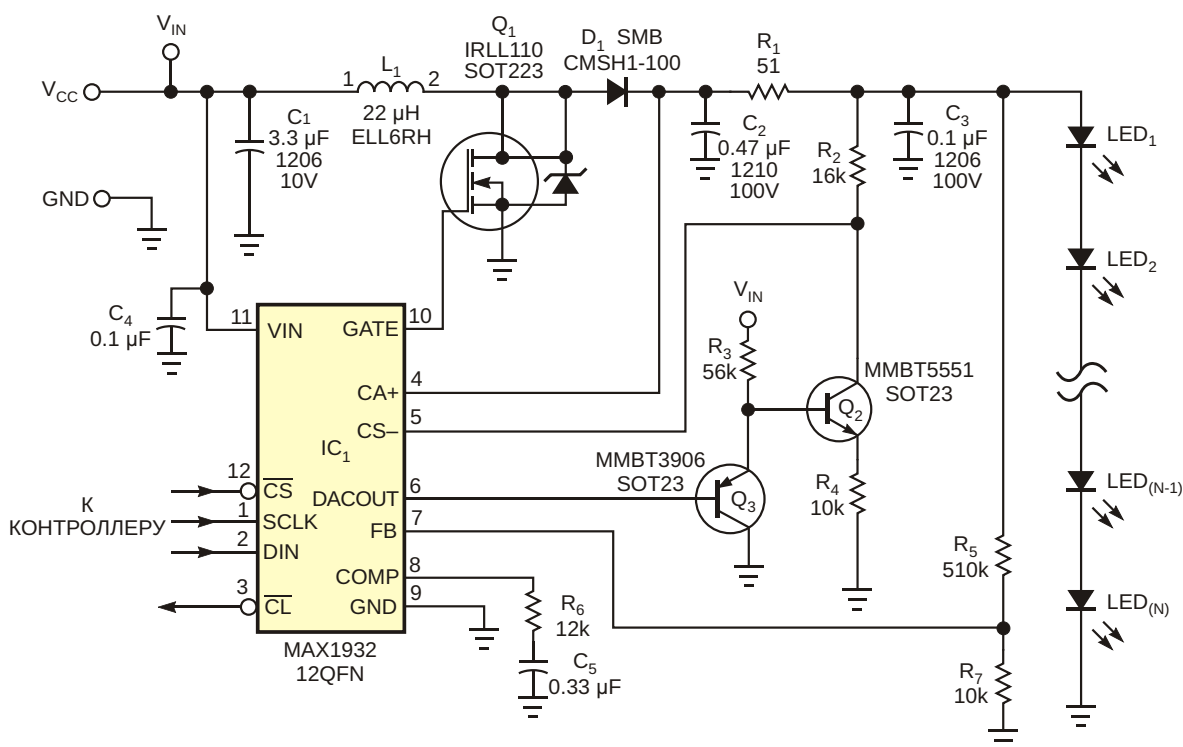


Рисунок 1. Микросхема драйвера лавинных фотодиодов IC<sub>1</sub> обеспечивает возможность программного управления яркостью высоковольтных светодиодных модулей.

ем лавинных фотодиодов, включена так, чтобы выход ее низковольтного ЦАП мог управлять током светодиодной цепочки через высоковольтный каскад усилителя тока, образованный транзисторами Q<sub>2</sub> и Q<sub>3</sub>. Эти два комплементарных транзистора обеспечивают определенную температурную компенсацию, достаточную для рассматриваемого приложения.

Выбрать компоненты для повышающего DC/DC преобразователя помогут формулы из технического описания MAX1932. Передаточная функция регулируемого тока выглядит так:

$$I_{\text{OUT}} = \frac{V_{\text{CL}}}{R_1} \cdot \frac{\text{CODE} \cdot 1.25 \text{ В}}{256} \cdot \frac{R_2}{R_4},$$

где

V<sub>CL</sub> – порог ограничения тока (2 В),

CODE – десятичный эквивалент цифрового кода ЦАП,

I<sub>OUT</sub> – требуемый выходной ток.

Для рассматриваемой схемы этим условиям соответствуют полная шкала выходных токов 39 мА и разрешение 150 мкА. Трехпроводный последовательный интерфейс, управляющий микросхемой IC<sub>1</sub>, позволяет выключать ее, записав в ЦАП шестнадцатеричный код 00. Кроме того, если цепочка светодиодов разорвется, делитель R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub> ограничит выходное напряжение, в данном случае до 50 В. Одновременно на выводе  $\overline{\text{CL}}$  появится сигнал высокого уровня, указывая на состояние неисправности. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX1932](#)
2. [Datasheet Central Semiconductor CSMH1-100](#)
3. [Datasheet Vishay IRL110](#)
4. [Datasheet ON Semiconductor MMBT5551](#)

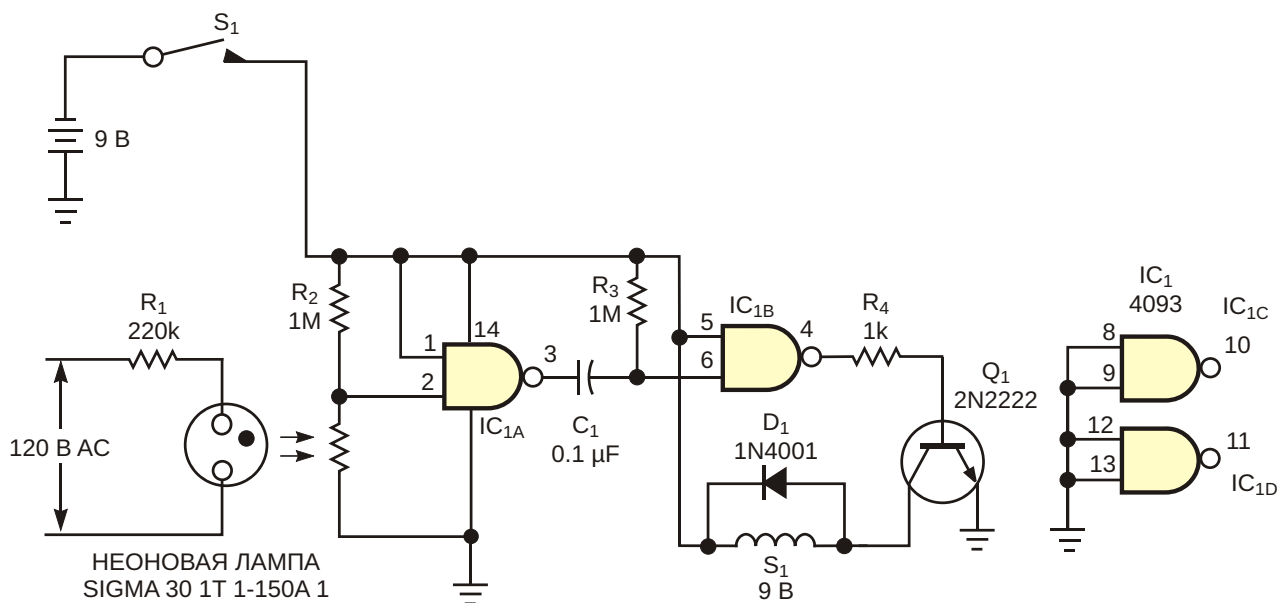
# Схема контроля напряжения сети переменного тока

Dennis Eichenberg

EDN

Схема на Рисунке 1 представляет собой простое устройство для контроля напряжения сети переменного тока. Контроль питания важен, например, в системах обогрева и охлаждения, где длительное отсутствие сетевого напряжения может привести к повреждению оборудования. Схема на Рисунке 1 почти не потребляет мощность от сети переменного тока. Небольшой расход тока батареи порядка 5 мкА обеспечивает ей большой срок служ-

бы в этом приложении. Оптопара состоит из неоновой лампы и фотоэлемента. При наличии сетевого напряжения неоновая лампа, ток которой ограничен резистором  $R_1$ , будет светиться. Низкое потребление мощности делает неоновую лампу идеальной для этого приложения. Сопротивление фотоэлемента в оптопаре низкое, когда фотоэлемент освещен, и высокое, когда освещение отсутствует. Резистор  $R_2$  ограничивает ток фотоэлемента.



**Рисунок 1.** Эта схема устанавливает флаг или включает визуальный сигнал тревоги при пропадании напряжения сети переменного тока.

IC<sub>1A</sub> из микросхемы счетверенного логического элемента «И-НЕ» с триггером Шмита выполняет функцию буфера для оптопары. При наличии сетевого напряжения выход IC<sub>1A</sub> имеет высокий уровень, а в случае аварии уровень становится низким. На элементе IC<sub>1B</sub> сделан одновибратор, запускаемый отрицательным фронтом. Он формирует положительный импульс длительностью примерно  $0.8R_3C_1$  (~0.8 с). Выходной импульс через токоограничительный резистор R<sub>4</sub> включает транзистор Q<sub>1</sub>, который активирует соленоид

S<sub>1</sub>. Диод обратного хода D<sub>1</sub> защищает транзистор Q<sub>1</sub> от индуктивных выбросов, создаваемых соленоидом при выключении. S<sub>1</sub> можно использовать для установки флага или для включения визуального сигнала тревоги. Флаг остается взведенным до тех пор, пока не будет сброшен вручную, чтобы подготовить схему к фиксации следующей аварии. **ПЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4093B](#)

# Добавление функции отключения к схеме панорамного потенциометра

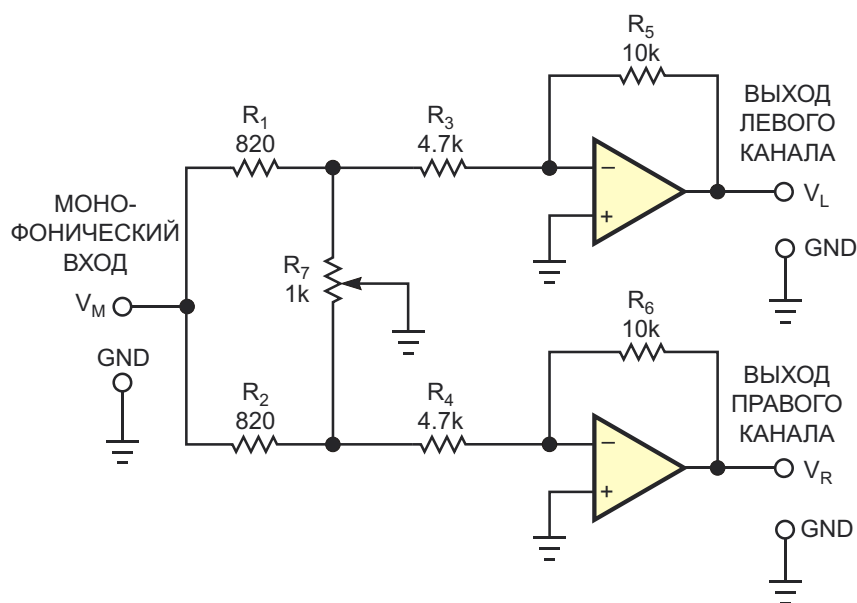
Lawrence Mayes

EDN

Одна из функций, часто требуемых в приложениях микширования звука, состоит в подмешивании сигнала монофонического или одноканального источника в стерео звуковое поле. Панорамным потенциометром аудио инженеры называют схему, которая из монофонического сигнала формирует левый и правый сигналы соответствующих амплитуд и размещает образ этого сигнала в любом

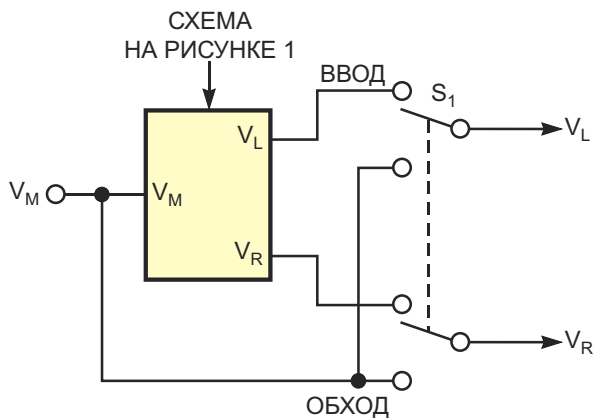
месте звукового поля. Чтобы громкость добавленного сигнала не зависела от его положения в пространстве, сформированные сигналы левого и правого каналов должны иметь постоянную суммарную мощность, а не постоянное суммарное напряжение.

Широко используемая схема, показанная на Рисунке 1, выполняет эту функцию путем разделения монофонического сигнала



**Рисунок 1.** В этой базовой схеме панорамного потенциометра положение движка  $R_7$  управляет положением монофонического образа в стереофоническом аудиосигнале.



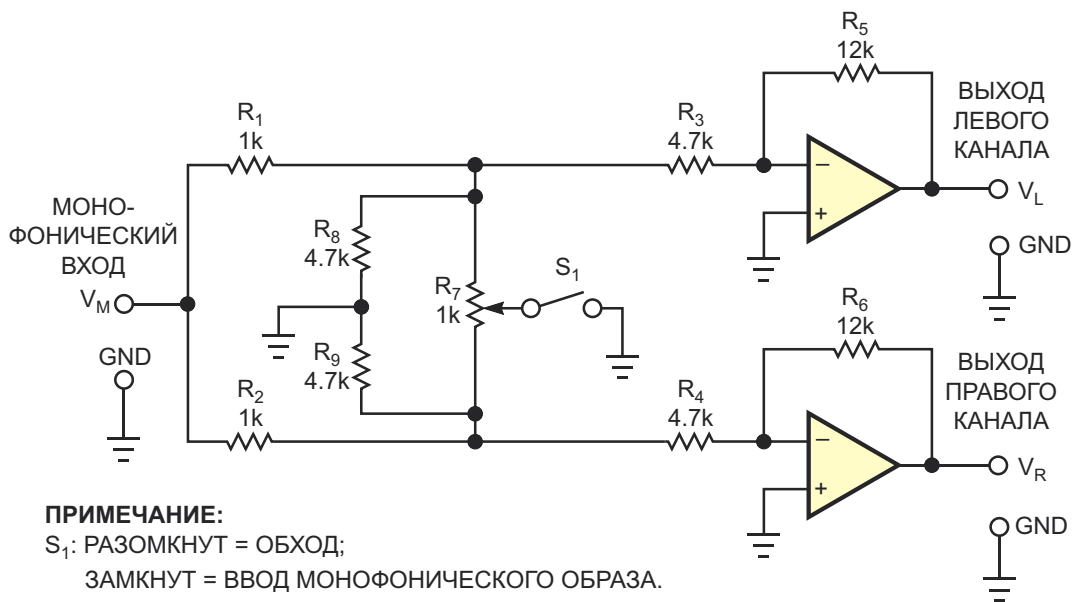


**Рисунок 2.** Исключать панорамный потенциометр из цепи прохождения сигнала можно с помощью двухполюсного двухпозиционного переключателя, но такая схема сложна в подключении и создает коммутационные помехи.

между двумя стереоканалами и изменения коэффициента усиления каждого канала от нуля до  $M$ , так что при среднем положении движка потенциометра  $R_7$  усиление обоих каналов равно  $0.707M$ . Если правильно рассчитать номиналы компонентов, необходимые для выполнения этих условий, то схема будет обладать замечательным свойством,

закрывающимся в том, что для всех положений движка  $R_7$  сумма мощностей в левом и правом каналах будет постоянна с точностью до  $0.19$  дБ.

Чтобы обойти схему и таким образом исключить ее из цепи прохождения аудиосигнала, можно использовать двухполюсный двухпозиционный переключатель  $S_1$  (Рисунок 2). В качестве альтернативы можно добавить два резистора и использовать однополюсный переключатель на одно направление. Схема на Рисунок 3 имеет те же характеристики усиления, что и вариант на Рисунок 1. Замыкание переключателя  $S_1$  включает функцию панорамного потенциометра, а размыкание фиксирует звуковой образ в центральном положении. Кроме того, с практической точки зрения схема на Рисунок 3 упрощает межсоединения и не создает значительных коммутационных помех, поскольку включение функции панорамного потенциометра сводится лишь к заземлению движка  $R_7$ . Даже если вы не подбираете специальных компонентов и не обращаете внимания на допуски их номиналов, схема вносит максимальную ошибку усиления всего  $0.21$  дБ. **ПЛ**



**Рисунок 3.** Добавление резисторов  $R_7$ ,  $R_8$  и однополюсного переключателя на одно направление  $S_1$  упрощает подключение схемы и минимизирует переходные процессы.

# Недорогой выключатель питания с дополнительной функцией субмикросекундного размыкателя цепи

Anthony Smith

EDN

Изображенная на Рисунке 1 схема позволит управлять включением высоковольтного питания заземленной нагрузки с помощью низковольтного сигнала. Кроме того, схема

работает как субмикросекундный размыкатель цепи, защищающий источник питания от аварий нагрузки. Питание подключается к нагрузке при подаче сигнала логического

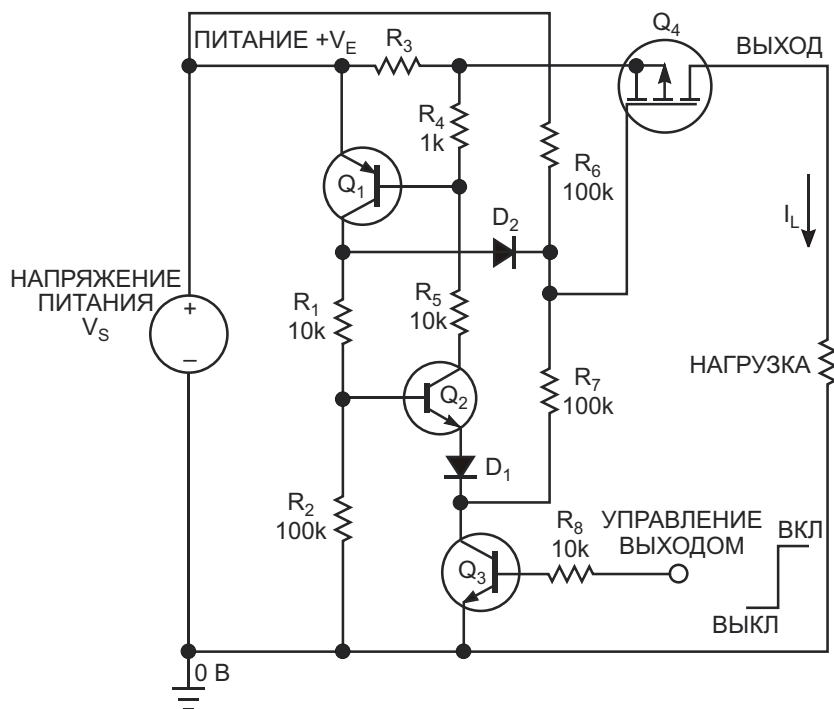


Рисунок 1. Этот недорогой коммутатор питания одновременно выполняет функцию субмикросекундного размыкателя цепи.

уровня на управляющий контакт схемы. При уровне этого сигнала менее 0.7 В транзистор Q<sub>3</sub> закрыт, и P-канальный MOSFET Q<sub>4</sub> выключен, так как его затвор через резистор R<sub>6</sub> соединен с положительной шиной питания. Ток, потребляемый схемой в таком состоянии, равен 0 А.

Сигнал от 3 до 5 В на контакте управления открывает транзистор Q<sub>3</sub>, который подтягивает резистор R<sub>7</sub> к земле, и MOSFET Q<sub>4</sub> включается. Теперь MOSFET открыт и пропускает ток нагрузки I<sub>L</sub> через токоизмерительный резистор R<sub>3</sub>. Если R<sub>3</sub> и сопротивление открытого транзистора Q<sub>4</sub> меньше сопротивления нагрузки, ток I<sub>L</sub> определяется в основном напряжением питания V<sub>S</sub> и самой нагрузкой.

В нормальных условиях напряжения, падающего на резисторе R<sub>3</sub>, для открывания транзистора Q<sub>1</sub> недостаточно, поэтому Q<sub>1</sub> и Q<sub>2</sub> выключены. Но если ток нагрузки увеличивается, это напряжение может стать достаточно большим, чтобы включить Q<sub>1</sub>. В этот момент через R<sub>4</sub> в Q<sub>1</sub> начинает течь ток базы, а коллекторный ток Q<sub>1</sub>, в свою очередь, обеспечивает базовый ток для Q<sub>2</sub>. Когда Q<sub>2</sub> включается, он добавляет дополнительный базовый ток для Q<sub>1</sub>, и два транзистора быстро фиксируются в открытом состоянии.

Через насыщенный транзистор Q<sub>1</sub> анод диода D<sub>2</sub> подключается к положительной шине питания, и напряжение на затворе Q<sub>4</sub> становится меньше напряжения V<sub>S</sub> на величину падения на диоде. Соответственно, MOSFET выключается, и ток нагрузки I<sub>L</sub> падает до нуля. При включенных Q<sub>1</sub> и Q<sub>2</sub> транзистор Q<sub>4</sub> остается закрытым, защищая источник питания от чрезмерных токов нагрузки. Чтобы сбросить размыкатель цепи, достаточно подать управляющий сигнал или выключить и включить питание схемы. Сопротивления резисторов, показанные на Рисунке 1, подходят для работы при напряжениях питания от 20 до 30 В. При подборе соответствующих транзисторов рабочее напряжение схемы можно намного увеличить, но при этом потребуются перерасчет сопротивлений резисторов. Схема может работать также при низком напряжении порядка 5 В, однако для этого, возможно, нужно будет уменьшить сопротивления резисторов R<sub>1</sub> и R<sub>5</sub>, чтобы обеспечить достаточный ток управления транзисторов Q<sub>1</sub> и Q<sub>2</sub>. Резисторы R<sub>6</sub> и R<sub>7</sub> образуют делитель напряжения, устанавливающий напряжение затвор-исток транзистора

Q<sub>4</sub> достаточно большим для того, чтобы полностью открыть MOSFET при включенном транзисторе Q<sub>3</sub>.

При низких напряжениях питания, вероятно, придется изменить соотношение сопротивлений резисторов R<sub>6</sub> и R<sub>7</sub>, чтобы напряжения затвор-исток было достаточно для управления транзистором Q<sub>4</sub>. Если схема работает при высоких напряжениях, может потребоваться дополнительный малосигнальный диод D<sub>1</sub>, чтобы предотвратить обратный лавинный пробой перехода база-эмиттер транзистора Q<sub>2</sub>, когда Q<sub>3</sub> выключен. Но при низких напряжениях питания, слишком малых, чтобы вызвать лавинный сбой, диод D<sub>1</sub> можно исключить.

При выборе компонентов следует отдавать предпочтение биполярным транзисторам с большим коэффициентом усиления, а диод D<sub>2</sub> должен иметь низкий обратный ток утечки. Не используйте диоды Шоттки. В выключенном состоянии между выводами коллектор-эмиттер или сток-исток всех транзисторов приложено полное напряжение питания, поэтому убедитесь, что допустимые значения напряжений используемых транзисторов превышают максимальное напряжение питания.

Размыкатель цепи срабатывает при пороговом токе нагрузки

$$I_{L(\text{TRIP})} = \frac{0.5V}{R_3}.$$

Например, при напряжении питания 24 В и сопротивлении резистора R<sub>3</sub>, равном 6.8 Ом, тестовая схема, в которой используются компоненты с номиналами, указанными на Рисунке 1, отключается при токе нагрузки 80 мА. Фактическая точка срабатывания слегка изменяется с температурой и зависит от транзистора, используемого в качестве Q<sub>1</sub>, поэтому надо быть готовым к тому, чтобы подобрать сопротивление R<sub>3</sub> для получения желаемого порога переключения.

Контур положительной обратной связи, охватывающий Q<sub>1</sub> и Q<sub>2</sub>, помимо выполнения функции блокировки, обеспечивает быстрый отклик размыкателя цепи на ток перегрузки. Фактическое время срабатывания в некоторой степени зависит от величины тока аварийного режима. При напряжении питания 24 В и сопротивлении резистора R<sub>3</sub>, равном

6.8 Ом, это время составляет 6 мкс. Однако при увеличении порогового тока до 200 мА время срабатывания уменьшается до 500 нс.

Емкостные нагрузки, лампы накаливания и электромоторы создают большие пусковые токи и могут вызвать срабатывание размыкателя цепи при высоком уровне сигнала управления, даже при нормальном стабиль-

ном токе нагрузки, не достигающем порога отключения. При возникновении такой проблемы нужно рассмотреть возможность подключения  $R_7$  к отдельному транзистору, чтобы разделить управление коммутатором питания и размыкателем цепи. Это позволит броску тока затухнуть раньше, чем будет разрешена работа размыкателя цепи. **РЛ**



# 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)



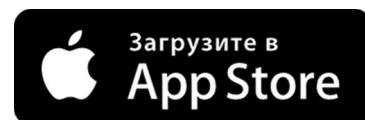
ANDROID »  
GOOGLE PLAY



<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.