

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ЛОКАТОРОВ 42

Простая схема увеличения
акустического выхода
пьезоэлектрического
преобразователя 72

МЭМС реле 38
расширяют пределы
коммутируемой мощности



РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

www.rlocman.ru/magazine

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



Если вы являетесь носителем передовых знаний в областях разработки электронных приборов и/или применения электронных компонентов и готовы популяризировать их – приглашаем к сотрудничеству!



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

+7 (903) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 GLF представляет сверхвысокоэффективный коммутатор питания для приложений IoT
- 4 Cypress представляет контроллер USB-C для массового сегмента рынка персональных компьютеров
- 5 IDT запускает в производство самый миниатюрный приемник беспроводной энергии для зарядных чехлов потребительских устройств
- 6 Infineon предлагает новые приборы для высокоэффективного метода NFC-программирования светодиодных драйверов
- 7 Модули ИК датчиков Vishay обеспечивают расстояние обнаружения до 2 м в обычных приложениях и 30 м в световых завесах
- 8 Новое двухрежимное Bluetooth решение Microchip упростит создание беспроводных аудио устройств
- 9 Toshiba начинает производство сверхминиатюрных фотореле с монтажной площадью 2.9 мм²
- 10 Diodes выпустила свои первые линейные регуляторы напряжения для автомобильных приложений
- 10 Двухканальный PPTC Littelfuse защитит телекоммуникационное оборудование от перегрузки по току
- 11 Alpha and Omega Semiconductor выпускает новую серию MOSFET для силовых приложений
- 12 Analog Devices представила программно конфигурируемый аналоговый интерфейс для систем управления производственными процессами
- 12 Sequans представляет первый в отрасли бюджетный модуль NB-IoT с интегрированным функционалом SIM-карты
- 14 64-канальный высоковольтный аналоговый коммутатор компании STMicroelectronics позволит создавать портативные приборы промышленной и медицинской визуализации
- 15 Diodes анонсирует драйвер светодиодного фонаря для двух- и четырехканальных портативных приложений
- 16 Гибкий 12-канальный автомобильный драйвер светодиодов STMicroelectronics упростит создание современных светотехнических решений
- 17 Vishay выпускает новые 3-вольтовые ионисторы с повышенной влажностойкостью и надежностью
- 17 Toshiba выпускает 600-вольтовую микросхему драйвера трехфазных бесщеточных двигателей с синусоидальным управлением
- 18 IDT представляет полностью интегрированный модуль биосенсора для мобильных и носимых устройств
- 19 Diodes анонсировала выпуск коммутатора нагрузок с управляемой скоростью нарастания и блокировкой обратных токов
- 20 Melexis выпустила микросхему датчика относительного давления для автомобильных приложений
- 21 EVERLIGHT выпускает серию интеллектуальных RGB светодиодов для автомобильных интерьеров
- 22 AnDAPT представляет первое семейство микросхем управления питанием с интегрированным контроллером DrMOS
- 23 Epson разрабатывает компактные модули RTC с функцией отметки времени
- 24 Infineon расширяет линейку высоковольтных транзисторов CoolGaN двумя приборами для промышленных приложений

Статьи

- 26 Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии? Часть 6
- 30 Композитные усилители. Сочетание большой нагрузочной способности с высокой точностью
- 34 Тестирование и модернизация импульсного лабораторного источника питания
- 38 МЭМС реле расширяют пределы коммутируемой мощности

Схемы

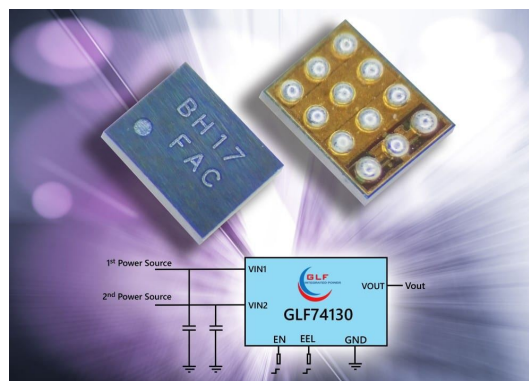
- 42 Некоторые вопросы конструирования любительских оптических локаторов. Часть 1
- 48 Управляемые оконные компараторы
- 51 Полевой транзистор компенсирует искажения в повторителе
- 54 Электронный редуктор или как кардинально увеличить крутящий момент коллекторного двигателя переменного тока на низких оборотах. Часть 1
- 59 Использование токового зеркала для управления источником питания
- 62 Сверхмалощумящий линейный регулятор отрицательного напряжения со сверхвысоким коэффициентом подавления пульсаций питания
- 67 Простейшая схема показывает направление вращения энкодеров
- 70 Простая стратегия безопасного подключения бестрансформаторных источников питания
- 72 Простая схема увеличения акустического выхода пьезоэлектрического преобразователя
- 75 Простая схема превращает сигнал ШИМ в точное опорное напряжение с цифровым управлением

GLF представляет сверхвысокоэффективный коммутатор питания для приложений IoT

- Новая микросхема коммутатора нагрузки семейства IQSmart, разработанная для интеллектуальных устройств с резервными источниками питания.
- Низкое сопротивление открытых ключей и сверхнизкие утечки закрытых ключей увеличивают срок службы батарей.
- Крошечный корпус WLCSP с размерами кристалла.

Компания GLF Integrated Power представляет микросхему двухвходового мультиплектора питания GLF74130, которая обеспечивает значительный выигрыш в КПД по сравнению с традиционными решениями на диодах. Крошечный корпус WLCSP с размерами кристалла (1.27 мм × 1.67 мм) обеспечивает автоматический или ручной выбор между двумя входными источниками питания с напряжениями от 1.5 В до 5.5 В и непрерывными выходными токами до 4.5 А. Небольшие размеры устройства и лучшее в отрасли сочетание низкого сопротивления открытых ключей (20 мОм), низкого тока потребления (4 мкА) и сверхнизкого тока покоя (50 нА) предоставляют разработчикам исключительное решение для создания интеллектуальных устройств IoT и систем отслеживания IoT.

«Движущей силой инноваций GLF в разработке коммутаторов нагрузки является необходимость удовлетворения запросов рынка на увеличение срока службы батарей в носимых устройствах и устройствах IoT, – сказала Эйлин Сан (Eileen Sun), президент и главный исполнительный директор GLF Integrated Power. – Двухвходовый коммутатор питания



GLF74130 основан на нашей отмеченной наградами высокоэффективной технологии, позволяющей заменить диодные схемы, которые обычно используются для поддержки основного и резервного источников питания».

GLF74130 поддерживает как автоматический, так и ручной выбор входа питания, сокращая количество необходимых внешних компонентов и выводов микроконтроллера. Устройство также обладает высокой устойчивостью к электростатическим разрядам, выдерживая разряды модели человеческого тела до 6 кВ и модели заряженного устройства до 2 кВ.

Cypress представляет контроллер USB-C для массового сегмента рынка персональных компьютеров

Новый контроллер Cypress ACG1F предоставляет преимущества производительности и универсальности USB-C для ноутбуков и настольных компьютеров основного и начального уровня

Cypress Semiconductor анонсировала выпуск своего новейшего контроллера USB-C. ACG1F – это недорогой однопортовый контроллер USB-C, предназначенный для ноутбуков и настольных компьютеров основного и начального уровней, в которых устаревшие порты USB Type-A необходимо преобразовать в порты USB Type-C.

Для управления питанием и защиты от сбоев ACG1F содержит коммутатор шины VBUS, позволяющий создавать более надежные решения, ускоряющие внедрение USB-C в персональные компьютеры. В целях обеспечения программируемости USB-C в ACG1F интегрирован 32-разрядный процессор ARM Cortex-M0 с 16 КБ флеш-памяти. Кроме того,



ACG1F содержит последнюю версию драйвера UCSI (Connector System Software Interface) и расширения от Microsoft, чтобы обеспечить дополнительную поддержку заказчикам, разрабатывающим решения USB-C.

Стандарт подключения USB-C широко применяется ведущими мировыми производителями персональных компьютеров, а также изготовителями периферийных устройств и аксессуаров. USB-C дает пользователям целый ряд преимуществ, в том числе двустороннюю ориентацию разъема, а также поддержку нескольких стандартов, включая

USB 3.1 (обеспечивающий вдвое большую скорость передачи данных, чем USB 3.0 – до 10 Гбит/с), Thunderbolt, DisplayPort и HDMI.

«IDC ожидает, что USB-C продолжит набирать темпы проникновения в электронику, и в течение следующих нескольких лет станет одной из самых быстрорастущих технологий в персональных компьютерах благодаря принятию как производителями, так и потребителями, – сказала Линн Хуан (Linn Huang), вице-президент подразделения устройств и дисплеев в IDC. – Быстрый, универсальный, надежный, с которым вам никогда не придется задумываться о том, каким концом его подключать к компьютеру, USB-C меняет правила игры и должен в конечном итоге достичь повсеместного распространения. К 2022 году USB-C будет встроен более чем в 80% всех ноутбуков, а 25% ноутбуков будут иметь только порты USB-C».

Доступность продукта

В настоящее время образцы ACG1F поставляются ведущим OEM производителям, а массовое производство будет развернуто в течение последнего квартала 2019 года.

IDT запускает в производство самый миниатюрный приемник беспроводной энергии для зарядных чехлов потребительских устройств

P9222-R позволяет производителям дополнить свои наушники, слуховые аппараты и другие небольшие устройства с батарейным питанием чехлами для беспроводной зарядки

Integrated Device Technology (IDT), дочерняя компания Renesas Electronics Corporation, сообщила о доступности нового приемника беспроводной энергии P9222-R – самого миниатюрного в отрасли и оптимизированного для беспроводных зарядных чех-

лов, используемых для зарядки аккумуляторов наушников, слуховых аппаратов и других миниатюрных потребительских устройств с батарейным питанием. В отличие от других доступных решений, P9222-R оптимален по стоимости, имеет высокий КПД, многофункционален и проверен в условиях массового производства крупными производителями бытовой электроники.

Приемник P9222-R идеально подходит для беспроводных зарядных чехлов мощностью до 5 Вт благодаря сочетанию ультракомпактных размеров (всего 2.28 мм × 3.38 мм) и чрезвычайно низкого энергопотребления (менее 50 мВт). Новый приемник поддерживается также оценочным набором с небольшой катушкой размером 30 × 30 мм.

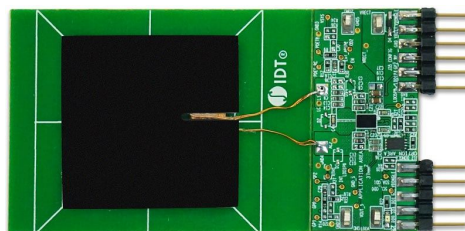


Уникальной особенностью является контроль пинга, который предотвращает перегрев, уменьшая потребление энергии в конце цикла зарядки аккумулятора. В дополнение к этому, P9222-R оптимизирован для увеличения КПД при легких нагрузках, чтобы еще больше снизить перегрев устройства. Новый приемник также имеет чрезвычайно низкий порог блокировки при пониженном напряжении, который позволяет производить быструю зарядку в расширенной области даже тогда, когда мощность цифрового пинга беспроводного передатчика энергии мала, что обеспечивает потребителям дополнительное удобство.

Чрезвычайно гибкий и настраиваемый приемник P9222-R поможет ускорить выход продукта на рынок и сократить время, затрачиваемое на сертификацию Qi. Ключом к этой

гибкости является встроенный в P9222-R 32-разрядный процессор ARM Cortex-M0, обеспечивающий высокий уровень программируемости режимов и параметров, которые можно легко настроить, используя интерфейс I²C или внешнее EEPROM.

Микросхемы P9222-R уже доступны для заказа.



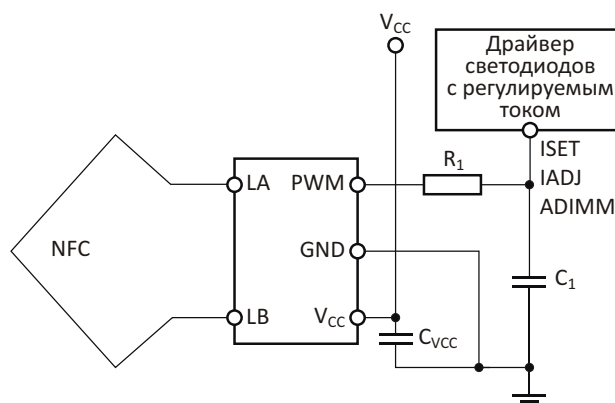
Оценочный набор P9222-R-EVK.

Infineon предлагает новые приборы для высокоэффективного метода NFC-программирования светодиодных драйверов

Для быстрого и малозатратного внедрения NFC-программирования в драйверы светодиодов Infineon Technologies выпустила серию модулей NFC-PWM, в которую вошли приборы NLM0011 и NLM0010. NFC-программирование – это новая технология, разработанная для замены трудоемкой установки тока с помощью «вставного резистора» бесконтактным интерфейсом NFC. Помимо повышения операционной эффективности за счет возможности автоматического программирования на производственной линии, это значительно увеличивает гибкость производственно-сбытовой цепочки. Благодаря этому сокращается количество вариантов драйверов светодиодов и упрощается выбор светодиодных модулей, а конфигурирование может выполняться перед сходом с конвейера.



Микросхемы, представляющие собой устройства с беспроводным NFC-конфигурированием ШИМ-выходов, предназначены, в первую очередь, для светодиодных приложений. Они обеспечивают эффективный и экономичный способ реализации NFC-программирования с использованием ШИМ-сигнала непосредственно для управления микросхемой аналогового драйвера. По сравнению с решениями на основе микроконтроллеров, это снижает стоимость компонентов системы.



Типовое использование микросхемы NLM0011.

Оба устройства имеют два режима работы: пассивный и активный. В пассивном режиме модуль драйвера светодиодов не запитан,

и параметры ШИМ можно настроить через беспроводной интерфейс NFC. В активном режиме, как только на вывод VCC подается питание, вывод ШИМ начинает генерировать импульсы в соответствии с сохраненными параметрами. С помощью внешнего RC-фильтра сигнал ШИМ преобразуется в постоянное напряжение, требуемое для управления выходным током драйвера светодиодов.

Еще одной особенностью NLM0011 является встроенная функция поддержания постоянной выходной яркости (CLO – constant lumen output). Эта функция компенсирует вызванное эффектом старения падение светового потока светодиодного модуля, автоматически подстраивая ток светодиодов под характеристики их старения. Благодаря встроенному счетчику времени наработки и кривой ухода параметров, хранящейся во внутренней таблице CLO, NLM0011 имеет возможность автоматически регулировать коэффициент заполнения ШИМ для компенсации деградации светодиодов.

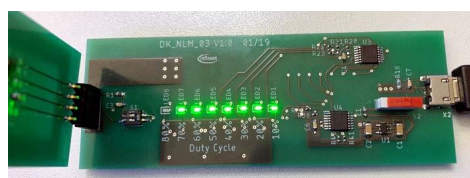
Новые приборы идеально согласуются с микросхемами аналоговых драйверов, не требуют разработки микропрограмм и могут легко адаптироваться к существующим

конструкциям, чтобы заменить концепцию задания тока с помощью «вставного резистора». В устройствах также имеется энергонезависимая память, хранящая уникальные идентификаторы приборов, и 20 байт свободной памяти для пользовательских данных.

Решение совместимо с существующими конструкциями аналоговых драйверов светодиодов и со спецификацией NFC-программирования, разработанной группой MD-SIG. Помимо источников питания светодиодов, серия NFC-PWM может использоваться в таких приложениях, как управление двигателями и импульсные источники питания.

Доступность

Микросхемы NLM0011 и NLM0010 доступны для заказа в корпусах SOT23-5.



Оценочный набор для микросхем NLM0011/NLM0010.

Модули ИК датчиков Vishay обеспечивают расстояние обнаружения до 2 м в обычных приложениях и 30 м в световых завесах

Устройства, доступные в компактных корпусах пяти типов, имеют время реакции всего 300 мкс и обеспечивают отсутствие ложных сигналов при более высоких уровнях внешних помех

Vishay Intertechnology представила новую серию модулей инфракрасных (ИК) датчиков в корпусах пяти типов. Выпущенные подразделением Vishay Semiconductors приборы серии TSSP9xxx AGC 0 имеют время реакции всего 300 мкс и большое расстояние обнаружения присутствия и приближения, достигающее 2 м в обычных приложениях и 30 м в световых завесах и приложениях охраны периметра.

По сравнению с устройствами предыдущего поколения, выпущенные датчики с фиксированным усилением обеспечивают отсутствие ложных сигналов при более высоких уровнях внешних помех и ширину выходного импульса, близкую к длительности оптичес-

кой вспышки. Кроме того, они имеют почти неизменный порог обнаружения в диапазоне температур от $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ и способны правильно выделять ИК сигнал при более высоких уровнях постоянной засветки.



Использование в приборах пакетов импульсов с переменной интенсивностью делает TSSP9xxx AGC 0 хорошим выбором для приложений быстрого обнаружения приближения (~15 мс). Устройства идеальны для определения дистанции до объектов в игрушках, дронах, роботах и бесконтактных выключателях. Кроме того, они могут использоваться в качестве отражательных датчиков в сушилках для рук, дозаторах мыла и диспенсерах полотенец, в водопроводных смесителях, туалетах и торговых автоматах, а также в воротах безопасности и в воротах для домашних животных. Для упрощения конструкций этих приложений PIN фотодиод и микросхема датчика объединены в компактных корпусах приборов серии TSSP9xxx: Minimold (TSSP930xx), Mold (TSSP940xx), Heimdall

(TSSP950xx), Panhead (TSSP960xx) и Minicast (TSSP980xx).

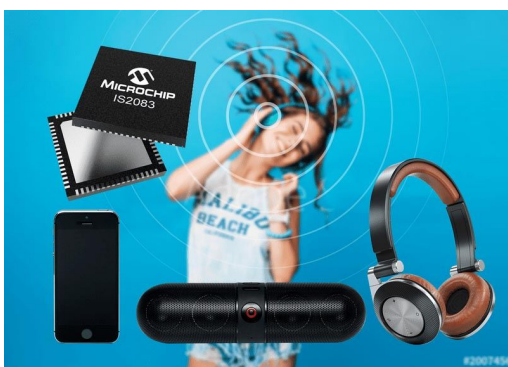
Модули работают при напряжении питания от 2.0 В до 3.6 В, потребляя низкий ток 0.8 мА. Диапазон частот несущей составляет от 38 кГц до 56 кГц. Датчики рассчитаны на прием ИК-импульсов с пиковой длиной волны 940 нм. Устройства, нечувствительные к напряжению питания и пульсациям, обеспечивают экранирование от электромагнитных помех, а ИК-фильтр подавляет свет видимого диапазона. Приборы серии TSSP9xxx не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.

Доступны единичные образцы и промышленные партии новых датчиков. Время выполнения заказа составляет четыре недели.

Новое двухрежимное Bluetooth решение Microchip упростит создание беспроводных аудио устройств

Аудио микросхема и полностью сертифицированный модуль с расширенным набором функций, увеличенной выходной мощностью и поддержкой аудио кодеков LDAC компании Sony

Желая помочь производителям Bluetooth громкоговорителей и наушников сохранить дифференциацию продукции на высококонкурентном рынке беспроводного аудио, Microchip Technology выпустила двухрежимную аудио микросхему нового поколения, отвечающую стандарту Bluetooth 5.0, и основанный на этой микросхеме полностью сертифицированный модуль Bluetooth.



Благодаря низкому энергопотреблению и размерам всего 5.5 × 5.5 мм, микросхема IS2083BM идеально подходит для компактных конструкций и оставляет разработчикам дополнительное пространство для размеще-

ния в их продуктах батарей большего размера. Как микросхема IS2083BM, так и модуль BM83 позволят заказчикам сократить количество необходимых внешних компонентов за счет расширенных функциональных возможностей и аппаратных средств, включающих, в частности:

- **Автономный режим работы:**

Устраняет необходимость во внешнем хост-микроконтроллере для поддержки функциональности приложения.

- **Встроенный усилитель мощности:**

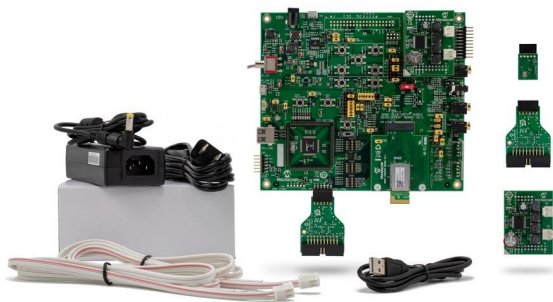
Интегрированный усилитель с выходной мощностью до +9.5 дБм устраняет необходимость во внешнем усилителе мощности.

- **Большой объем флэш-памяти:**

2 Мбайт внутренней флэш-памяти позволяют без использования внешнего накопителя сохранять файлы во время беспроводных обновлений и настроек программного обеспечения.

- **Поддержка технологии аудио кодеков LDAC компании Sony:**

Эта технология выводит звук высокого разрешения за пределы круга аудиофилов



Комплект разработчика Bluetooth аудио BM83 (DM164152).

на массовый рынок беспроводных продуктов Bluetooth.

Кроме того, в микросхему IS2083BM и модуль BM83 встроены средства поддержки увеличенных пакетов данных (Data Length Extension – DLE) и режима безопасного подключения (LE Secure Connection – LE SC), которые позволяют примерно в 2.5 раза увеличить пропускную способность и повысить безопасность при передаче данных, например, во время обновления прошивки.

Для ускорения разработки микросхема IS2083BM и модуль BM83 поставляются с набором инструментов проектирования, мобильным приложением Microchip и примерами кодов.

Toshiba начинает производство сверхминиатюрных фотореле с монтажной площадью 2.9 мм²

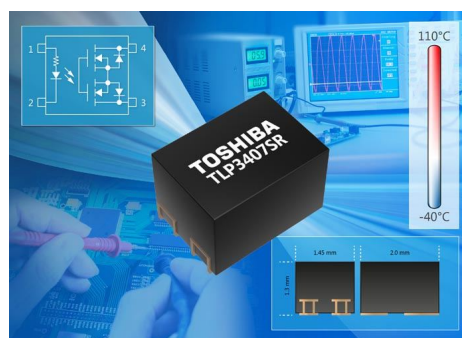
Крошечное устройство со сниженной входной мощностью позволит уменьшить энергопотребление и размеры оборудования

Toshiba Electronics Europe объявляет о выпуске нового фотореле, управляемого напряжением, в сверхминиатюрном корпусе S-VSON4T со сниженным рассеянием входной мощности.

Входной ток нового продукта, получившего обозначение TLP3407SR, составляет всего 1 мА, что примерно на 33% меньше, чем у его предшественника TLP3407SRH. Это позволяет снизить максимальную входную мощность до 3.3 мВт. Для использования с более высокими напряжениями – 5 В или более – питание на новое устройство можно подавать через внешний последовательный резистор, что дает разработчикам возможность реализовать максимальный ток включения светодиода 0.2 мА. Это расширяет диапазон допустимых входных напряжений, упрощая задачу проектирования схемы.

Благодаря уменьшенному рассеянию входной мощности, управляемое напряжением новое фотореле позволит снизить энергопотребление широкого спектра оборудования, включая зондовые платы, автоматические тестеры полупроводниковых приборов и другие аналогичные приложения.

TLP3407SR выпускается в крошечном корпусе S-VSON4T с монтажной площадью всего 2.9 мм² – примерно на 27% меньше, чем у существующего корпуса VSONR4. Это значит, что новый прибор может помочь умень-



шить размеры конечных продуктов или увеличить количество фотореле, которые могут быть размещены на доступной площади.

Технические характеристики

- Корпус S-VSON4T: 2.0 мм × 1.45 мм × 1.3 (высота) мм;
- Нормально разомкнутое;
- Максимальное напряжение на закрытом выходе: 60 В;
- Максимальное рабочее напряжение: 3 В;
- Максимальный ток включения светодиода: 0.2 мА;
- Максимальный ток открытого реле: 1 А;
- Сопротивление в открытом состоянии:
 - 0.2 Ом (типовое),
 - 0.3 Ом (максимальное);
- Минимальное напряжение изоляции: 500 В с.к.з.

Diodes выпустила свои первые линейные регуляторы напряжения для автомобильных приложений

Компания Diodes Incorporated представила свои первые линейные LDO регуляторы напряжения, отвечающие требованиям Клас-са 1 автомобильного стандарта AEC-Q100. AP7315Q и AP7343Q могут питать нагрузку токами до 150 мА и 300 мА, соответственно, и подходят для любых автомобильных приложений, требующих жесткой стабилизации напряжения во всех рабочих режимах, таких как локализованные к нагрузке источники питания в ADAS (системах помощи водителю) радиочастотное оборудование, информационно-развлекательные системы и камеры.



Автопроизводители интегрируют все больше систем ADAS в транспортные средства с датчиками и другими чувствительными схемами, требующими высокостабильных источников питания. Линейные регуляторы AP7315Q и AP7343Q полностью поддерживают требования PPAR (Процесс одобрения

производства компонентов) и могут использоваться в автомобильных системах, сертифицируемых на соответствие Классу 1 (диапазон температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$) стандарта AEC-Q100.

AP7315Q и AP7343Q предоставляют практическую альтернативу импульсным регуляторам в очень требовательных автомобильных приложениях. Помимо цепей ограничения тока и защиты от коротких замыканий, LDO имеют вход разрешения, позволяющий отключать линейные регуляторы, когда они не нужны. Во время работы собственный ток потребления регуляторов очень низок и составляет всего 35 мкА. Кроме того, оба устройства предлагаются в вариантах с функцией разряда выходного конденсатора (AP7315DQ/43DQ) или без нее (AP7315Q/43Q). Эта функция часто требуется в момент выключения питания для защиты чувствительных нагрузок, таких, например, как КМОП датчики изображения.

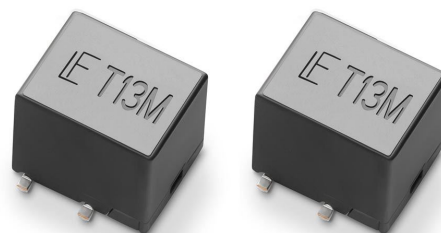
Высокий коэффициент подавления пульсаций питания микросхем – 75 дБ на частоте 1 кГц – обеспечивает чувствительные нагрузки стабильными выходными напряжениями при входных напряжениях между 1.7 В и 5.25 В. Выходные шумы для версий с любыми фиксированными напряжениями от 1.1 В до 3.3 В (AP7315Q) или от 0.9 В до 3.6 В (AP7343Q) в полосе частот от 10 Гц до 100 кГц составляют всего 60 мкВ с.к.з.

Оба регулятора поставляются в корпусах SOT25.

Двухканальный PPTC Littelfuse защитит телекоммуникационное оборудование от перегрузки по току

Экономит место на печатной плате благодаря объединению двух телекоммуникационных PPTC в корпусе SMD меньшего размера

Littelfuse анонсировала новую серию 500-вольтовых PPTC (самовосстанавливающихся предохранителей – Polymeric Positive Temperature Coefficient device), разработанных для того, чтобы помочь повысить надежность телекоммуникационного и сетевого оборудования. Приборы серии TSM250-130 защищают от пересечений питания и надежных скачков напряжения согласно опре-



делениям, данным в стандартах ITU, Telcordia GR1089 и IEC 62368-1. Благодаря объединению двух согласованных по сопротивлению PPTC в одном корпусе для поверхностного монтажа, новое устройство на 50% сокращает требуемую площадь печатной платы, упрощает сборку и обеспечивает баланс сопротивлений проводов а и b.

Являясь частью выпускаемого Littelfuse семейства PolySwitch самовосстанавливающихся устройств защиты от токовой перегрузки для телекоммуникационного и сетевого оборудования, новая серия приборов идеально подходит для:

- Абонентского оконечного оборудования
- Станционного оборудования
- Интерфейсных карт абонентских линий
- Портов VoIP абонентских приставок

PPTC серии TSM250-130 предоставляют следующие основные преимущества:

- Два 250-вольтовых PPTC в одном корпусе сокращают требуемую площадь печатной платы на 50%;
- Согласованность сопротивлений PPTC позволяет поддерживать баланс сопротивлений проводов а и b;
- Очень высокая перегрузочная способность по напряжению упрощает процедуру отраслевой сертификации.

Доступность

PPTC серии TSM250-130 выпускаются серийно и поставляются упакованными в блистерную ленту по 3000 штук. Образцы приборов можно запросить через официальных дистрибьюторов Littelfuse.

Alpha and Omega Semiconductor выпускает новую серию MOSFET для силовых приложений

Alpha and Omega Semiconductor (AOS), объединив технологии безвыводных корпусов TO (TO-Leadless – TOLL) и экранированного затвора, выпустила серию новых 60- и 100-вольтовых транзисторов, обеспечивающих наибольшую токовую нагрузку в своем классе напряжений. Благодаря инновационной технологии AOS, использующей прижимные контакты для соединения кристалла с выводами, корпус TOLL выдерживает самые высокие в отрасли броски тока. По сравнению с другими безвыводными корпусами TO, технология корпусирования TOLL позволяет достичь очень низких значений сопротивления и индуктивности выводов корпуса. Наряду с прижимными контактами для снижения уровня электромагнитных излучений в этой технологии используется стандартное термокомпрессионное присоединение проводных выводов.

По сравнению с корпусами TO-263 (D2PAK), транзисторы AOTL66608 (60 В), AOTL66610 (60 В) и AOTL66912 (100 В) занимают на 30% меньшую площадь и допускают большую нагрузку по току, что позволяет сократить количество MOSFET, включаемых параллельно. Кроме того, новые устройства превосходят существующие решения по плотности мощности. Они идеально подходят для драйверов промышленных бесще-



точных двигателей постоянного тока и систем управления аккумуляторными батареями.

Основные технические характеристики

Прибор	V _{DS} (В)	V _{GS} (±В)	Непрерывный ток стока (А)		R _{DS(ON)} макс (МОм) при 10 В
			При 25 °С	При 25 °С	
AOTL66608	60	20	400	400	0.85
AOTL66610	60	20	350	247	1.2
AOTL66912	100	20	380	269	1.7

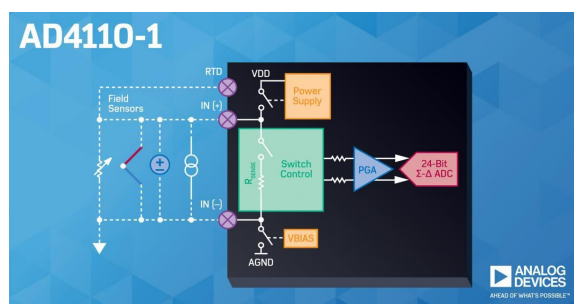
Цены и доступность

AOTL66608, AOTL66610 и AOTL66912 доступны для заказа в промышленных количествах со сроком поставки 14-16 недель. В партиях из 1000 приборов цена одного транзистора составляет \$4.1, \$2.3 и \$4.56, соответственно.

Аnalog Devices представила программно конфигурируемый аналоговый интерфейс для систем управления производственными процессами

PowerPulse

Аnalog Devices представила аналоговый интерфейс AD4110-1 со встроенным 24-битным АЦП для систем управления промышленными процессами. AD4110-1 – это универсальный интерфейс со встроенным АЦП, позволяющий потребителям спроектировать «платформенный» модуль ввода, который они могут сконфигурировать для выполнения множества функций. Это значительно снижает затраты на НИОКР, сокращает время выхода на рынок и требует меньших затрат на инструменты разработки.



Высоковольтные входы микросхемы AD4110-1 полностью программно конфигурируются для приема сигналов тока или напряжения, что позволяет напрямую подключаться ко всем стандартным промышленным источникам аналоговых сигналов. Один типовой вариант конструкции заменяет многие, сокращая размеры модуля и снижая эксплуатационные издержки. Программно конфигурируемые входы/выходы являются ключевым фактором реализации концепции четвертой промышленной революции (Industry 4.0).

Микросхемы AD4110-1 доступны для приобретения в 40-выводных корпусах LFCSP.



Перечень ключевых особенностей включает

- Интегрированный полностью дифференциальный усилитель с 16 программируемыми коэффициентами усиления от 0.2 до 24.
- Обеспечивает полные функции входной диагностики для индикации повышенного и пониженного напряжения, обрыва провода, перегрузки по току и перегрева.
- Высоковольтный вход, защищенный от перегрева, перегрузки по току и повышенного напряжения.

Аnalog Devices предлагает также оценочную плату EVAL-AD4110-1 для микросхемы AD4110-1.

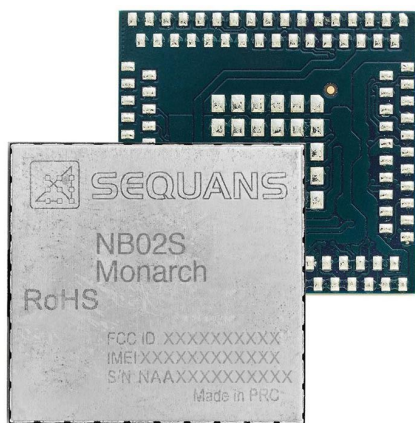


Оценочная плата EVAL-AD4110-1.

Sequans представляет первый в отрасли бюджетный модуль NB-IoT с интегрированным функционалом SIM-карты

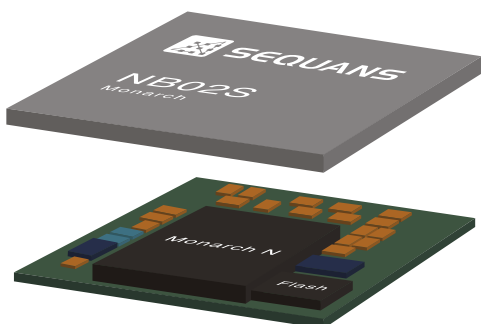
Французская компания Sequans Communications представила первый модуль, основанный на ее микросхеме второго поколения Monarch N, оптимизированный для работы в недорогих малопотребляющих сетях NB-IoT

(Narrow Band Internet of Things). Monarch NB02S – это высокоинтегрированный модуль, который устанавливает новый стандарт для бюджетных модулей NB-IoT. В нем реализован элемент безопасности EAL5+,



позволяющий интегрировать в модуль SIM-карту, тем самым обеспечивая возможность использования модуля как SIM-карты. NB02S, основанный на многолетнем и проверенном опыте Sequans в технологиях 4G и 5G, предназначен для массового внедрения сотового стандарта поколения 5G в IoT за счет уменьшения количества и сложности компонентов, что позволяет сократить перечень необходимых дополнительных элементов, снизить стоимость печатных плат и производственные затраты до новых низких уровней. Для Monarch NB02S Sequans разработала новый ультраминиатюрный корпус серии S, в котором используется сверхдешевая печатная плата. Monarch NB02S унаследовал стек протоколов, проверенный в Monarch первого поколения и сертифицированный ведущими операторами всего мира, что обеспечивает плавную миграцию программного обеспечения с модуля NB01Q первого поколения.

Благодаря заложенной в Monarch NB02S возможности «Модуль как SIM-карта», поддерживающей все типы SIM-карт, тарифные планы могут предлагаться как составная часть комплексного решения на основе модуля. Sequans работает с партнерами первого уровня над интеграцией подключения в NB02S для реализации решения «одного



окна». EAL5+ в NB02S обеспечивает наивысший уровень безопасности государственного уровня для подключения и применения.

«Невозможно преувеличить, насколько важен новый, оптимизированный по стоимости Monarch NB02S для ускорения массового внедрения IoT, сказал Жорж Карам (Georges Karam), генеральный директор Sequans. – Помимо существенных преимуществ с точки зрения цены и потребляемой мощности, он является первым в отрасли модулем со встроенными возможностями SIM-карт, что позволяет обеспечить бесперебойную и повсеместную связь, исключив при этом сложности, связанные с поиском поставщиков тарифных планов и SIM-карт. В случае предоплаченного подключения при подсоединении к сети Monarch NB02S может использоваться как модуль Bluetooth или Wi-Fi, но с существенным дополнительным преимуществом – отсутствием необходимости в шлуде. Эта мощная возможность, наряду с поддержкой глобальной полосы в упрощенном, но содержащем все необходимое недорогом модуле Monarch, дает производителям возможность один раз спроектировать устройство IoT и развертывать его в любом месте, быстро, легко и, что наиболее важно, с небольшими затратами».

Monarch NB02S основан на втором поколении микросхемы Monarch N компании Sequans, один кристалл которой объединяет в себе цепи обработки сигнала основной полосы частот, радиочастотный приемопередатчик и внешний интерфейс, элемент безопасности, процессор приложений, ОЗУ и систему управления питанием и поддерживает LTE Cat NB1/NB2. Сверхнизкое энергопотребление модуля NB02S достигнуто с помощью реализованных в Monarch N технологий динамического управления питанием и eco-Paging, которые адаптируют потребление энергии в спящем и активном состояниях в соответствии со сценарием использования, обеспечивая 10-15 лет автономной работы от батарей для многих вариантов использования. Monarch NB02S является идеальным решением для широкого спектра устройств NB-IoT, включая приборы учета коммунальных услуг, промышленные датчики, средства отслеживания положения объектов, и многие другие приложения для сельского хозяйства, умного города и умного дома.

Основные особенности модуля Monarch NB02S

- Отвечает требованиям категорий 14/15 спецификации LTE NB1/NB2;
- Сверхминиатюрный корпус LGA серии S;
- Возможность использования модуля в качестве SIM-карты обеспечивает безопасность и позволяет подключаться без использования SIM-карты или SIM-чипа;
- Программная фильтрация на радиочастоте для поддержки глобальной полосы в Single-SKU (от 617 МГц до 2.2 ГГц);
- Поддерживает диапазоны LTE 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 28, 66, 71 и 85;
- Питание от единственной шины с напряжением 2.2...5.5 В позволяет напрямую подключать устройство к дешевым батарейкам типоразмера AA;

- Адаптивная поддержка выходной мощности +20 дБм и +14 дБм для эффективного глубокого проникновения сигнала в помещения;
- Полная программная совместимость с модулями Monarch NB01Q и GM01Q облегчает миграцию;
- Основан на созданной Sequans технологии Monarch N NB-IoT.

Ожидается, что первые образцы нового модуля Monarch NB02S появятся к концу 2019 года и будут переданы для апробирования основным клиентам компании. Начало массового производства модулей запланировано на середину 2020 года. К этому времени будут подготовлены также примеры практических схем и оценочные наборы.

64-канальный высоковольтный аналоговый коммутатор компании STMicroelectronics позволит создавать портативные приборы промышленной и медицинской визуализации

Выпущенная STMicroelectronics (ST) микросхема 64-канального высоковольтного аналогового коммутатора обеспечивает беспрецедентный уровень интеграции для современных ультразвуковых систем, зондов, пьезоэлектрических драйверов, автоматизированного испытательного оборудования, средств промышленной автоматизации и систем управления процессами.

Analog high-voltage multiplexer
for next-gen probe heads in ultra-sound systems



STHV64SW содержит сдвиговый регистр для логических сигналов управления, самосмещенные драйверы затворов высоковольтных MOSFET и N-канальные переключающие MOSFET, способные обеспечивать пиковый выходной ток до ± 3 А. Благодаря быстрой реакции, переключатель включается всего за 1.5 мкс, а низкий ток покоя экономит

энергию, когда устройство выключено. Низкие сопротивления открытых ключей в совокупности с низкими искажениями и перекрестными помехами гарантируют высокую целостность сигнала. Для обеспечения безопасной работы в микросхему встроены цепи отключения при перегреве и блокировки при пониженном напряжении.

ST создала это высокотехнологичное устройство, используя собственные технологии BCD6s-SOI (кремний на изоляторе) и BCD8s-SOI, позволяющие объединять на одном кристалле аналоговые (биполярные), цифровые (КМОП) и надежные силовые (DMOS) схемы. STHV64SW может работать с различными комбинациями высоковольтных источников питания до -100 В/ $+100$ В, 0 В/ $+200$ В или -200 В/ 0 В.

Коммутатор STHV64SW изначально проектировался для инновационного высокотехнологичного оборудования, такого как промышленные ультразвуковые дефектоскопы для неразрушающего контроля, а также для портативных бюджетных устройств медицинской эхографии, которые могут повысить стандарты дородовой помощи, доступные удаленным и сельским общинам.

Высокоинтегрированная микросхема 64-канального аналогового коммутатора поставляется в небольшом корпусе FCBGA, как и

недавно анонсированная сопутствующая микросхема 16-канального генератора импульсов STHV1600. Совместное использование этих двух приборов позволит производителям систем, используя минимальное пространство на плате, увеличить плотность каналов и обеспечить высочайшее разрешение ультразвуковых изображений.

Микросхема выпускается в корпусе BGA-196 и партиях из 1000 приборов продается по ценам, начинающимся от \$45.00 за штуку. Доступна также оценочная плата STEVAL-IME015V1, для заказа которой следует обратиться в офис продаж ST.



Оценочная плата STEVAL-IME015V1.

Diodes анонсирует драйвер светодиодного фонаря для двух- и четырехканальных портативных приложений

Компания Diodes анонсировала высокоскоростной двухканальный драйвер светодиодной вспышки AL3644, предназначенный для поддержки расширенных функций вспышки и фонаря камеры, которые предлагается в последних моделях смартфонов и других портативных потребительских устройств. Перечень ключевых функций включает в себя независимо управляемые выходные токи, конфигурируемые через интерфейс, совместимый с I²C, и возможность комбинировать два устройства (с разными идентификационными адресами) для управления четырьмя светодиодами с суммарным током до 6 А. AL3644, выпускаемый в корпусе с размерами кристалла, сочетает в себе гибкие возможности изменения частоты переключения со стабилизированным выходным током.



В AL3644 используется синхронный повышающий ШИМ-преобразователь с управлением по току, работающий на фиксированной частоте и обеспечивающий до 1.5 А на выхо-

де каждого из двух источников постоянного тока в диапазоне входных напряжений от 2.5 до 5 В. Для управления выходными токами, уровни которых могут иметь 128 значений от 1.4 мА до 1.5 А, используется совместимый с I²C интерфейс, работающий на частотах до 400 кГц. Через этот же интерфейс можно устанавливать соотношение токов на двух выходах.

С ростом тенденции к усложнению функциональных возможностей камер переносных и носимых устройств, включая удобство фонаря, растет потребность в очень гибких драйверах светодиодов. AL3644 удовлетворяет эту потребность, предлагая сдвоенные параллельные источники тока с КПД более 85% как в режиме фонаря, так и в режиме вспышки.

Предусмотрены два варианта частоты переключения: 2 МГц и 4 МГц, что дает инженерам большую гибкость и упрощает общую конструкцию. Кроме того, высокая частота переключения позволяет использовать пассивные компоненты меньшего размера, такие как низкопрофильные индуктивности и керамические конденсаторы емкостью 10 мкФ, и, в конечном счете, снизить стоимость покупных материалов.

AL3644 является первым драйвером светодиодов от Diodes с интерфейсом, совместимым с I²C. В него также встроен компаратор, который можно использовать с внешним NTC терморезистором для обнаружения изменений температуры. Монитор входного

напряжения гарантирует, что выходной ток останется стабильным, если, например, уровень входного напряжения падает при разряде аккумулятора устройства. Биты состояния неисправности, опрашиваемые через интерфейс, совместимый с I²C, предоставляют хост-контроллеру такие оперативные данные, как время протекания тока вспышки,

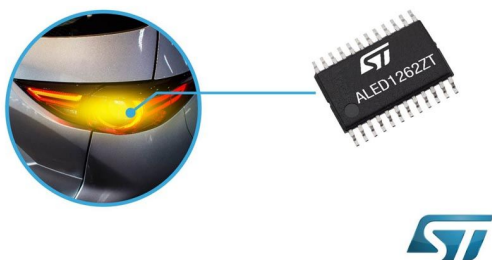
перегрев светодиода, обрыв/замыкание светодиода, срабатывание тепловой защиты и пониженное напряжение на входе.

Драйвер выпускается в корпусе U-WLB1713-12 размером 1.75 мм × 1.35 мм в вариантах с низким и высоким током фонаря, различающихся также идентификационными кодами адреса.

Гибкий 12-канальный автомобильный драйвер светодиодов STMicroelectronics упростит создание современных светотехнических решений

12-канальный драйвер светодиодов ALED1262ZT, выпущенный компанией STMicroelectronics, предназначен для современных автомобильных блоков задних фонарей и систем внутреннего освещения, предоставляя функции поддержки сложных и инновационных визуальных эффектов.

Automotive 12-channel LED driver
for advanced rear-lighting solutions



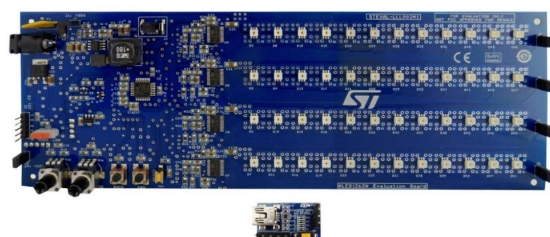
Независимое 7-битное ШИМ-диммирование всех каналов дает возможность гибко управлять задними габаритными огнями, стоп-сигналами и световыми указателями с использованием динамических эффектов. Каждый канал обеспечивает управление светодиодными цепочками постоянным выходным током при напряжении 19 В. Регулировка тока нагрузки от 6 мА до 60 мА позволяет иметь широкий диапазон диммирования с высокой максимальной яркостью. Драйвер светодиодного освещения может управляться командами I²C от главного микроконтроллера, и для дополнительной гибкости поддерживает две предварительно запрограммированные конфигурации, обеспечивающие автономную работу.

Диагностические функции ALED1262ZT, включающие обнаружение обрыва светодио-

дов и отключение при перегреве, гарантируют долговременную надежность и стабильность устройства. Диапазон входных напряжений от 5.5 В до 38 В позволяет использовать прибор в системах с непосредственным подключением к аккумуляторной батарее. Кроме того, для снижения уровня помех и упрощения интеграции с другой бортовой электроникой транспортного средства в ALED1262ZT замедлено включение и выключение каждого канала и расширен спектр сигналов синхронизации.

В настоящее время ALED1262ZT выпускается серийно в корпусе HTSSOP24 размером 6.4 мм × 7.8 мм, основание которого вскрыто для уменьшения теплового сопротивления. При заказе 1000 приборов цена одной микросхемы начинается от \$1.00.

Кроме того, ST выпустила оценочную плату STEVAL-LLL002V1, которую можно приобрести онлайн на сайте ST или у дистрибьюторов компании, чтобы помочь разработчикам быстрее изучить микросхему ALED1262ZT и начать работу над новыми светотехническими проектами.



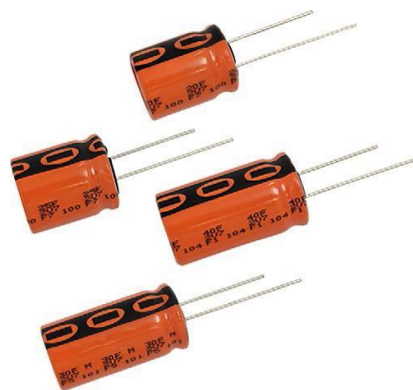
Оценочный набор STEVAL-LLL002V1 для задних фонарей автомобилей с шаблонами анимации на основе ALED1262ZT и STM8AF6266.

Vishay выпускает новые 3-вольтовые ионисторы с повышенной влажостойкостью и надежностью

Двухслойные конденсаторы 235 EDLC для тяжелых условий эксплуатации с высокой влажностью имеют срок службы 2000 часов и выдерживают 1500-часовые тесты при температуре +85 °С и относительной влажности 85%

Vishay Intertechnology представила новую серию 3-вольтовых двухслойных электрических конденсаторов (ионисторов, суперконденсаторов) повышенной надежности семейства ENYCAP для приложений сбора энергии и резервного питания, работающих в жестких условиях с высокой влажностью воздуха. Разработанные подразделением Vishay BCcomponents конденсаторы 235 EDLC-HVR ENYCAP являются первыми в отрасли устройствами с таким высоким рабочим напряжением, которые имеют срок службы 2000 часов при +85 °С и соответствуют высочайшему классу влажостойкости, выдерживая 1500-часовые электрические тесты при температуре +85 °С и относительной влажности 85%.

Длительный срок службы новых устройств, вдвое превышающий ресурс стандартных двухслойных электрических конденсаторов, обеспечивает бесперебойность работы и гибкость выбора проектных решений. Высокая устойчивость конденсаторов к влажности позволяет использовать их в промышленности, автомобилестроении и возобновляемой энергетике, включая интеллектуальные счетчики, портативную электронику, робототехнику, солнечные панели, системы электронных дверных защелок и аварийное освещение.



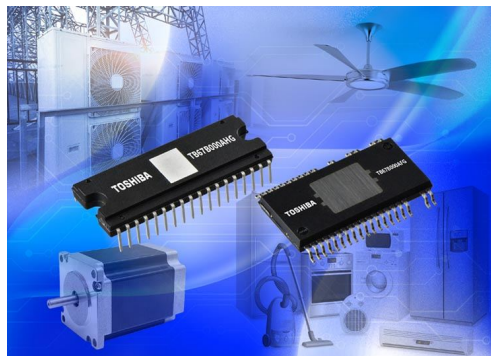
Конденсаторы 235 EDLC-HVR ENYCAP, выпускаемые в небольших корпусах 15 типовых размеров от 10 мм × 20 мм до 18 мм × 40 мм, имеют большую плотность мощности и значения емкости от 5 Ф до 60 Ф. Устройства, отвечающие требованиям директивы RoHS, отличаются высокими скоростями заряда и разряда и предлагаются в версиях для монтажа в отверстия.

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии конденсаторов 235 EDLC-HVR ENYCAP. Время выполнения крупных заказов составляет шесть недель.

Toshiba выпускает 600-вольтовую микросхему драйвера трехфазных бесщеточных двигателей с синусоидальным управлением

Новое высокоинтегрированное устройство с повышенной устойчивостью к колебаниям напряжения

Toshiba Electronics объявила о выпуске новой микросхемы драйвера трехфазных бесщеточных двигателей для бытовых электроприборов, таких как кондиционеры и очистители воздуха. Новая микросхема TB67B000AHG также пригодна для использования в самых различных промышленных приложениях. Это высоковольтное устройство расширяет существующую серию драйверов TB67B000, обеспечивающую высоко-



эффективное управление двигателем и снижение шумов.

Спрос на высокоэффективные трехфазные бесщеточные двигатели вентиляторов, снижающие потребление энергии и способные работать в условиях колебаний напряжения питания, особенно в странах с развивающейся экономикой, постоянно растет. Для поддержания высокой надежности продукта эти приложения требуют более высоковольтных микросхем драйверов ШИМ.

Разработанная Toshiba новая микросхема драйвера TB67B000AHG совместима по выводам с уже выпускающейся 500-вольтовой микросхемой TB67B000HG и может быть легко использована для замены или модернизации в целях обеспечения большей устойчивости к колебаниям напряжения. Драйвер двигателя может формировать на выходе либо синусоидальные ШИМ сигналы, либо трапецеидальные сигналы на частотах

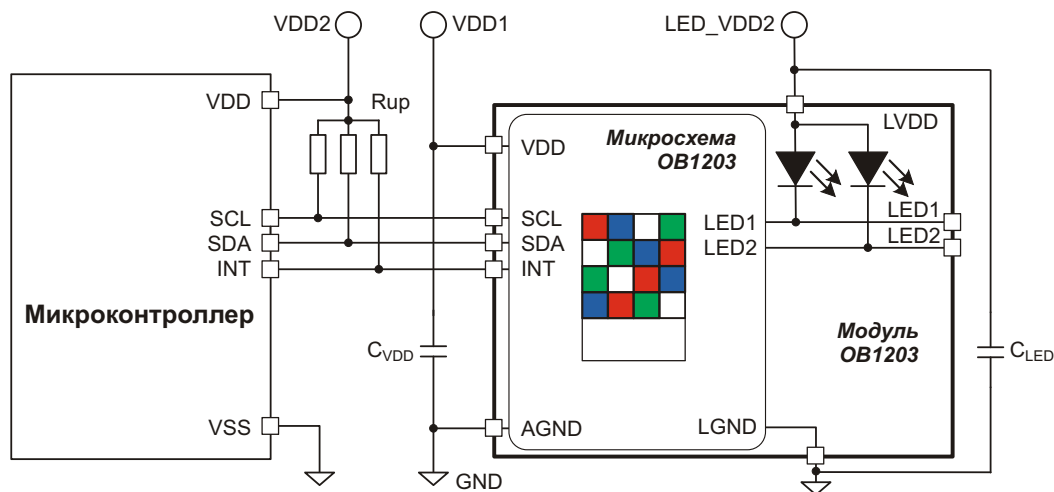
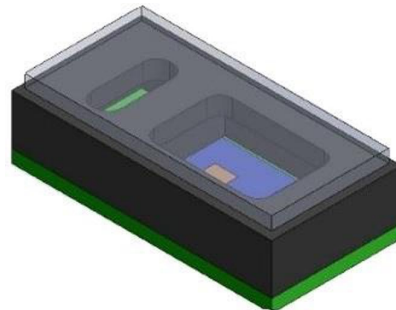
от 14 кГц до 23 кГц, благодаря чему достигается работа с низкими уровнями шума и вибрации. В устройство, выпускаемое в корпусе HDIP30 размером 32.8 мм × 13.5 мм, интегрирован трехфазный мост на IGBT с допустимым напряжением 600 В и максимальным током 2 А, а также микросхема управления двигателем, благодаря чему сокращается требуемая площадь печатной платы и снижается стоимость системы. В компактном корпусе содержатся также схемы, обеспечивающие ограничение тока, отключение при перегреве, блокировку при пониженном напряжении и обнаружение блокировки двигателя.

Учитывая важность экономии места и повышения КПД для современных приложений, Toshiba ведет разработку еще одного 600-вольтового драйвера (TB67B000AFG), который будет выпускаться в небольшом 34-контактном корпусе HSSOP, совмещенном с радиатором.

IDT представляет полностью интегрированный модуль биосенсора для мобильных и носимых устройств

Integrated Device Technology (IDT), дочерняя компания Renesas Electronics Corporation, представила полностью интегрированный модуль биосенсора для мобильных и носимых устройств. Модуль OB1203 является самым миниатюрным датчиком в своем классе устройств.

Помимо средств неинвазивного измерения частоты сердечных сокращений и уровня кислорода в крови, модуль OB1203 содержит



Типовая схема включения OB1203.

дополнительные датчики, необходимые в мобильных устройствах последнего поколения, включая датчик внешней освещенности, RGB датчик цвета, датчик приближения и пульсоксиметр. Этот модуль поставляется в крошечном оптически улучшенном корпусе размером всего 4.2 мм × 2 мм × 1.2 мм и включает в себя два светодиода, драйверы, датчики и микросхему обработки сигналов, которая выводит данные всех датчиков на шину I²C.

Главной особенностью датчика OB1203 является антиаллергенное стеклянное покрытие, позволяющее использовать его в приложениях, требующих прямого контакта с кожей. Дополнительным преимуществом

OB1203 является возможность работы при покрытии датчика инфракрасной краской, что дает разработчикам возможность почти полностью скрыть OB1203 для получения более чистого и эстетичного оформления продукта.

OB1203 поставляется с клиническими алгоритмами измерений сердечного ритма и SpO₂ – легко настраиваемым приложением для Android, – и для его работы требуются только три линии питания и три линии данных.

Инженерные образцы и оценочные комплекты OB1203 с поддержкой передачи данных по Bluetooth или USB можно запросить онлайн.

Diodes анонсировала выпуск коммутатора нагрузок с управляемой скоростью нарастания и блокировкой обратных токов

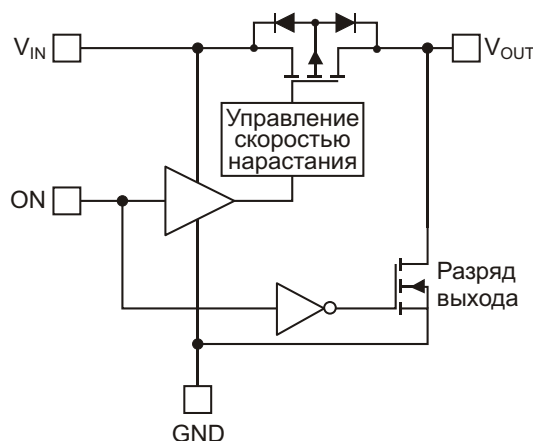
Компания Diodes анонсировала выпуск 2-амперного одноканального коммутатора нагрузок AP22913 с управляемой скоростью нарастания и системой блокировки обратных токов TRCB (True Reverse Current Blocking) для приложений управления нагрузками верхнего плеча.



Одноканальный коммутатор верхнего плеча обеспечивает эффективный способ подачи или снятия питания с нагрузки, особенно для внешних периферийных устройств, питаемых через порт USB. Выходные конденсаторы большой емкости (100 мкФ), связанные с портом USB, и периферийные устройства USB с автономным питанием могут стать причиной смещения переключателя нагрузки в обратном направлении, что создает потенциал появления обратного тока, протекающего от нагрузки к источнику, способного повредить другие компоненты или активные кабели. Реализован-

ная в переключателе нагрузки AP22913 система TRCB закрывает нежелательные пути прохождения тока паразитного диода, предоставляя экономичное и компактное решение для коммутации нагрузки.

Типовое сопротивление открытого ключа микросхемы AP22913 составляет 92 мОм при входном напряжении 1.5 В и 54 мОм при напряжении 5 В, что обеспечивает максимальную токовую нагрузку при низком прямом падении напряжения. Чтобы реализовать мягкий запуск для чувствительных нагрузок, скорость нарастания напряжения при включении устройства контролируется внутренними цепями. Устройство также имеет вход управления, активный высокий уровень на котором разрешает переключение нагрузки. Для поддержания функции



Блок-схема коммутатора AP22913.

TRCB в то время, когда работа коммутатора запрещена или он отключен, выводы V_{IN} и V_{OUT} полностью изолированы друг от друга внутри микросхемы.

Коммутатор нагрузок AP22913 рассчитан на работу при напряжении от 1.4 В до 5.5 В и потребляет собственный ток всего 1 мкА, что позволяет использовать его в системах с напряжением питания 1.8 В, 2.5 В, 3.3 В и

5.0 В. Благодаря максимальному току нагрузки 2.0 А, коммутатор подходит для широкого спектра приложений, таких как смартфоны, портативные приборы, носимые и медицинские устройства, средства навигации, а также ноутбуки и ультрабуки.

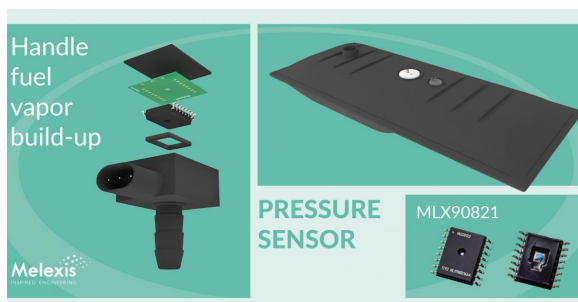
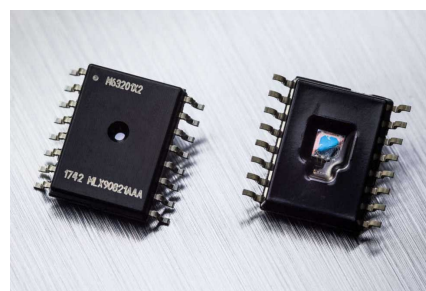
AP22913 предлагается в двух вариантах: AP22913CN4-7 в корпусе X-WLB0909-4 и AP22913W6-7 в корпусе SOT26.

Melexis выпустила микросхему датчика относительного давления для автомобильных приложений

Отвечающая требованиям автомобильных стандартов микросхема MLX90821 измеряет относительное давление всего от 50 мбар

Melexis анонсировала микросхему датчика относительного давления, предназначенную для измерения очень низких давлений в автомобильных приложениях. Основанная на новейшей МЭМС технологии, тесно интегрированной с цепями аналоговой и цифровой обработкой сигналов, микросхема MLX90821 представляет собой систему в корпусе (СвК) для надежного измерения давления паров топлива в диапазоне от 50 мбар до 700 мбар. Это делает MLX90821 пригодной для систем улавливания топливных паров (EVAP), используемых в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) или гибридных транспортных средствах.

низких давлениях, такие как MLX90821, являются важнейшей частью этих систем, поскольку они могут обнаруживать даже самые маленькие утечки, потенциально возникающие в любой точке системы EVAP.



Внедрение систем обнаружения утечек топлива с использованием EVAP становится все более важным для автопроизводителей, поскольку все больше регионов вводят строгое законодательство, запрещающее выброс паров топлива в атмосферу. Системы EVAP предназначены для улавливания, хранения и надежного удаления паров, накапливающихся внутри топливных баков и картеров, чтобы предотвратить их попадание в воздух. Датчики давления, способные работать при очень

Еще более сложной задачей является измерение давления паров топлива в гибридных транспортных средствах, что формирует спрос на более эффективные сенсорные решения. Кроме того, поскольку системы EVAP, как в ДВС, так и в гибридных транспортных средствах, могут иметь несколько микросхем датчиков давления, решающее значение приобретают гибкость и простота конструкции. Высокий уровень интеграции СвК и корпус, достаточно миниатюрный для использования в модуле любого размера, делают проектирование на основе MLX90821 чрезвычайно простым, по сути, обеспечивая подход «Plug & Play». Хотя микросхема имеет как аналоговый выход, так и цифровой выход SENT, полностью использовать возможности быстрого и медленного каналов интерфейса SENT позволяет интегрированный сигнальный процессор, добавляющий диагностические сообщения и поддерживающий пользо-

вательскую калибровку. MLX90821 выполняет множество автомобильных диагностических функций, в том числе контроль граничных уровней и диагностику многочисленных внутренних неисправностей.

В СвК используется МЭМС датчик, изготовленный путем травления через обратную сторону полупроводниковой пластины. Это позволяет подвергать чувствительный элемент воздействию паров или других сред, в то же время, обеспечивая надежную защиту от загрязнений, присутствующих в системах рециркуляции паров топлива. КМОП часть системы была разработана с учетом необходимости предоставления гибкости выбора проектных решений, а датчик в целом обеспечивает исключительно высокие уровни электромагнитной совместимости и защиты от электромагнитных помех, что

упрощает его интеграцию в системы EVAP как ДВС, так и гибридных транспортных средств.

Каждая микросхема датчика калибруется на последних этапах производственного процесса, а передаточная характеристика и граничные уровни хранятся во внутреннем EEPROM. Результаты измерений, которые также могут содержать информацию о температуре, выводятся на логотрический аналоговый выход или на выход SENT. Функция температурной компенсации, использующая внешний NTC термистор, может потребоваться, когда приложению необходимо записать точное значение температуры контролируемой среды. Дополнительное управление конфигурацией возможно с помощью программных инструментов, предоставляемых и поддерживаемых Melexis.

EVERLIGHT выпускает серию интеллектуальных RGB светодиодов для автомобильных интерьеров

Чтобы сделать нашу жизнь более удобной, компания EVERLIGHT ELECTRONICS выпустила новое поколение осветительных приборов для использования в салонах автомобилей. Новая серия приборов EL SMARTLED (S-Smart, M-Multi Function, A-Automotive, R-RGB, T-Technology) поможет создавать в салонах транспортных средств красочные световые комбинации. Благодаря уникальной конструкции корпуса, обеспечивающей улучшенную однородность света, встроенная в приборы серии EL SMARTLED интеллектуальная микросхема драйвера позволяет лучше управлять цветами и регулировать яркость с помощью контроллера. Компания рассчитывает предоставить комплексные и умные решения для OEM-производителей.

EVERLIGHT официально стала членом альянса ISELED, который разрабатывает технологии интеллектуальных RGB светодиодов для автомобильных интерьеров и предлагает инновационные решения для автомобильного освещения. С непрерывным глобальным развитием технологий и цифровизацией автомобильной промышленности насыщенность автомобильного салона светотехническими приборами существенно выросла. Чтобы новый EL SMARTLED (X13040-RGBIC0251L-AM) со встроенной мик-



росхемой соответствовал последним тенденциям в области исследований и разработок инновационных интеллектуальных продуктов, EVERLIGHT использовала технологии, предложенные ISELED.

Разработанные EVERLIGHT приборы EL SMARTLED в общем со светодиодом корпусе содержат микросхему драйвера, которая может управлять хроматической абберацией в пределах эллипсов МакАдама. Интегрированная микросхема драйвера позволяет также контролировать тепловой уход параметров путем измерения температуры красного светодиода. До 4000 светодиодов EL SMARTLED могут объединяться в последо-

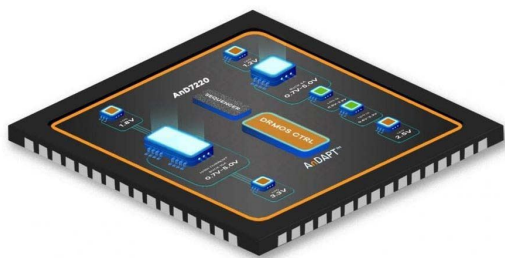
вательные цепочки через интерфейс LIN со скоростью передачи 2 Мбит/с. По сравнению с традиционными решениями для RGB светодиодов, EL SMARTLED обеспечивает лучшую однородность цвета. Кроме того, EL SMARTLED разрабатывался с учетом требований стандарта AEC-Q102. Широкий спектр

применений для освещения автомобильного салона включает в себя внутреннее освещение, потолочные плафоны и дисплеи приборной панели. Для получения наилучших оптических характеристик размеры SMD корпуса светодиода были выбраны равными 3.0 мм × 4.1 мм.

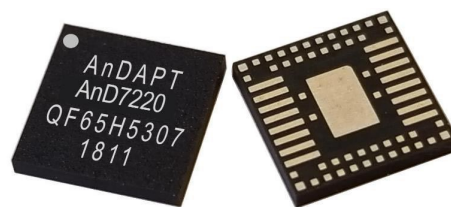
AnDAPT представляет первое семейство микросхем управления питанием с интегрированным контроллером DrMOS

Семейство микросхем управления питанием AnD7XXX предоставляет в одном устройстве несколько топологий стабилизаторов питания с выходными токами от единиц миллиампер до 40 А и более

AnDAPT объявила о выпуске семейства из четырех новых адаптивных интегральных микросхем управления питанием, построенных на основе прорывной технологии AmP (Adaptive Multi-Rail Power Platforms) конфигурируемых матричных микросхем смешанных сигналов со встроенными контроллерами DrMOS для шин питания с токами до 40 А. Эта революционная технология позволяет AnDAPT, опираясь на одну предварительно протестированную и охарактеризованную монокристаллическую конфигурируемую AmP микросхему смешанных сигналов, создавать множество стандартных PMIC с совершенно разными топологиями, охватывающими широкий спектр приложений заказчика.

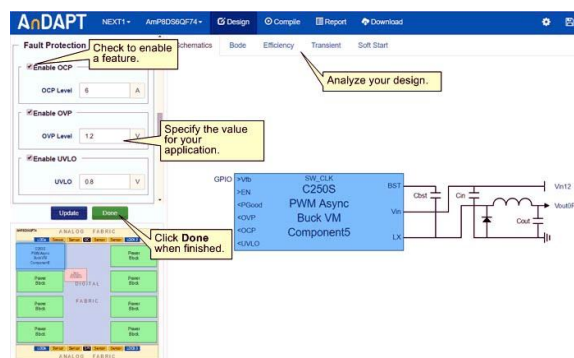


Адаптивные микросхемы управления питанием могут использоваться потребителями «как есть», без какого-либо программирования или кодирования, и, тем не менее, обеспечивают лучшие в своем классе гибкость и сроки выпуска продукта на рынок, исключая затраты и время разработки, необходимые при использовании традиционных заказных микросхем управления питанием. Эта технология обеспечивает превосходное сочетание высоких технических характеристик, малых



размеров, гибкости и простоты использования. Установить параметры конфигурации можно с помощью облачного инструментария WebAdapter, предоставляемого AnAdAPT.

Чтобы обеспечить лучшее в своем классе системное решение для питания чипсетов, процессоров и памяти, в семействе продуктов AnD7XXX используется компактный корпус 5 мм × 5 мм и высокий уровень интеграции. Во все продукты включен однофазный контроллер DrMOS (до 40 А), несколько понижающих преобразователей (10 А/6 А), высокоточный LDO регулятор (до 1 А) или коммутатор нагрузки, 4 универсальных LDO регулятора (до 200 мА) и цепи управления питанием, включая защиту от неисправностей и секвенсор.



Окно облачного приложения WebAmP.

Семейство адаптивных микросхем управления питанием AnD7XXX включает в себя:

- **AnD7200:** Один контроллер DrMOS, два синхронных понижающих преобразователя (10 А каждый);
- **AnD7220:** Один контроллер DrMOS, один синхронный понижающий преобразователь (10 А), один синхронный понижающий преобразователь (6 А) и два высокоточных LDO регулятора (1 А);
- **AnD7202:** Один контроллер DrMOS, один синхронный понижающий преобразователь (10 А), один синхронный понижающий преобразователь (6 А) и два высокоточных (6 А каждый) коммутатора нагрузки;
- **AnD7122:** Один контроллер DrMOS, один синхронный понижающий преобразователь (10 А), два высокоточных LDO регулятора (1 А) и два высокоточных (6 А каждый) коммутатора нагрузки.

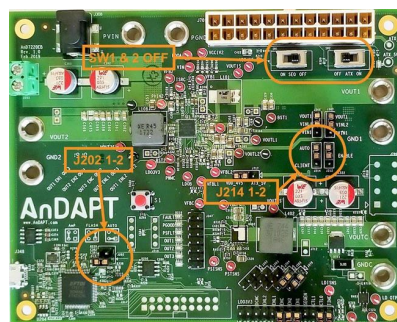
Контроллер DrMOS и высокоточные синхронные понижающие стабилизаторы напряжения доступны в качестве библиотечных компонентов в веб-инструментах WebAmP, предоставляемых AnDAPT и позволяющих пользователям вносить желаемые изменения в топологии полностью настраиваемых микросхем управления питанием, построенных с использованием конфигурируемой AmP микросхемы смешанных сигналов, без затрат средств и времени на разработку которые обычно требуются для заказных микросхем управления питанием.

AnDAPT имеет уникальную возможность выводить на рынок самые передовые реше-

ния по управлению питанием, поддерживаемые обширной библиотекой компонентов питания и топологий. Портфель компании содержит понижающие, повышающие, понижающе-повышающие преобразователи, переключатели нагрузки, LDO регуляторы, драйверы затворов, контроллеры, секвенсоры и супервизоры. Предлагаются также топологии однофазных регуляторов и контроллеров вместе с решениями для частных приложений.

Корпуса и доступность

Семейство продуктов Adaptable будет поставляться в корпусах QFN с размерами 5 мм × 5 мм и 8 мм × 8 мм. На первом этапе предлагаются микросхемы AnD7200, AnD7220, AnD7202 и AnD7122 в корпусе QFN размером 5 мм × 5 мм со сниженным тепловым сопротивлением. Кроме того, на сайте AnDAPT можно заказать оценочные платы для всех устройств (AnD7200EB, AnD7220EB, AnD7202EB и AnD7122EB).

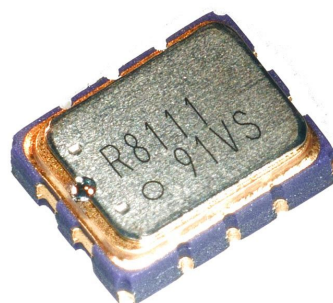


Оценочная плата для микросхем AnD7220 и AnD7202.

Epson разрабатывает компактные модули RTC с функцией отметки времени

Идеальные устройства для широкого спектра продуктов, требующих функций отсчета времени, – от мелкой электроники до оборудования для автоматизации производства

Корпорация Seiko Epson добавила к своей линейке времязадающих устройств два новых модуля часов реального времени (RTC): RX8111CE и RX4111CE. Оба устройства выпускаются в корпусе с размерами 3.2 × 2.5 × 1.0 мм и оснащены функцией отметки времени. Поставку образцов RX8111CE Epson начнет в ноябре 2019 года, а RX4111CE – в декабре 2019 года. Приступить к массовому производству Epson рассчитывает в марте 2020 года.



Выпускаемые Epson модули часов реального времени широко используются в оборудовании, для которого требуются регистрация и хранение информации о времени суток. В последние годы сохраняется тенденция к увеличению степени интеграции электронного оборудования при одновременном снижении их физических размеров и воздействия на экологию. Аналогичным образом увеличивается потребность в модулях часов реального времени, потребляющих меньше тока и поддерживающих точное время в более широком диапазоне температур.

Как и их предшественник, модуль RX8130CE, новые модули часов реального времени имеют небольшие размеры, встроенный кварцевый резонатор, настроенный на частоту 32.768 кГц, и функцию автоматического переключения батареи. Однако новые модули дополнительно функцией формирования временных меток, которая регистрирует и хранит информацию о времени. Эта функция может использоваться, напри-

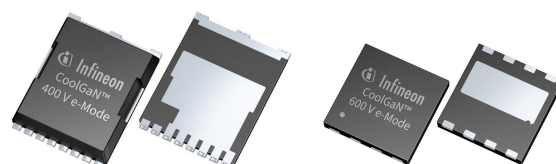
мер, для записи времени обновлений программного обеспечения системы, замены батарей и системных предупреждений. Метки времени сохраняются даже при переключении питания на альтернативный источник, что повышает надежность системы. Новые модули потребляют ток 100 нА, что на 67% лучше, чем у их предшественника. Это значительное снижение энергопотребления позволяет использовать более дешевый аккумулятор меньшего размера или конденсатор. Кроме того, Epson расширила опции интерфейса, предложив SPI в дополнение к шине I²C.

Области применения

Новые модули часов реального времени идеально подходят для использования в таких устройствах, как системы автоматизации производства, офисное оборудование, портативные терминалы, средства обеспечения безопасности и другие мелкие электронные продукты.

Infineon расширяет линейку высоковольтных транзисторов CoolGaN двумя приборами для промышленных приложений

Infineon Technologies расширила серию транзисторов CoolGaN двумя новыми приборами. 400-вольтовое устройство CoolGaN (IGT40R070D1 E8220) предназначено для Hi-Fi аудиосистем премиум-класса, где потребители требуют воспроизведения мельчайших деталей своих звуковых дорожек высокого разрешения. Обычно их запросы удовлетворяются с помощью громоздких линейных или ламповых усилителей. При использовании 400-вольтовых ключей CoolGaN в выходном каскаде усилителя класса D разработчики аудио могут обеспечить превосходное качество прослушивания своим потенциальным поклонникам высококачественного звука. 600-вольтовое устройство CoolGaN промышленного назначения (IGLD60R190D1) позволяет оптимизировать характеристики и затраты для приложений с низким и средним энергопотреблением, например, в области маломощных импульсных источников питания и телекоммуникационных выпрямителей. Каждый продукт, входящий в выпускаемое Infineon семейство CoolGaN, отвечает требованиям стандартов JEDEC.



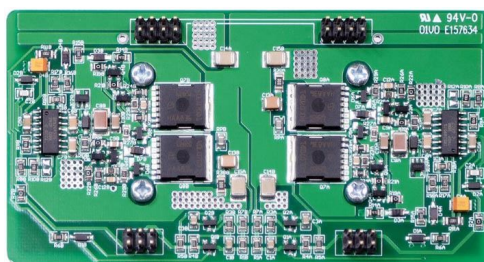
Благодаря низким и линейным значениям выходной емкости и обратного заряда восстановления, переключатель CoolGaN 400 В обеспечивает лучшую мягкость коммутации и более высокую линейность выходного каскада класса D. Идеальный аудиоусилитель класса D должен иметь ноль процентов искажений и 100 процентов КПД. Факторы, влияющие на ухудшение линейности и потери мощности, сильно зависят от характеристик переключения коммутационного устройства. Выпускаемые Infineon транзисторы CoolGaN прорывают технологический барьер, демонстрируя нулевой заряд обратного восстановления паразитного диода и очень небольшие и линейные входные и выходные емкости. В результате слушатели получают более естественное и теплое звучание.

Чтобы еще больше упростить процесс конструирования, Infineon планирует объединить на оценочной плате 400-вольтовый транзистор CoolGaN в безвыводном корпусе HSOF-8-3 с популярным контроллером усилителя класса D (IRS20957STRPBF).

Портфель 600-вольтовых CoolGaN компании Infineon теперь также расширен новым HEMT (транзистор с высокой подвижностью электронов) промышленного класса с сопротивлением канала 190 мОм. Этот прибор был разработан, чтобы соответствовать требованиям любых потребительских и промышленных приложений, оптимизированных по стоимости для снижения барьера входа в технологию. Простота конструирования поддерживается благодаря стандартному корпусу DFN 8×8 и соответствующим интегральным схемам драйверов серии GaN EiceDRIVER.

Доступность

На 400-вольтовый CoolGaN (IGT40R070D1 E8220) и 600-вольтовый CoolGaN (IGLD60R190D1) уже принимаются заказы. С февраля 2020 года будет доступна для заказа оценочная плата EVAL_AUDAMP24.



Оценочная плата EVAL_AUDAMP24.

Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии?

Часть 6

Продолжение. Начало в номерах 05...09-2019

Александр Русу, Одесса, Украина

Несколько слов о связанных индуктивностях

В предыдущей части статьи мы определили, на какую величину будут изменяться токи в обмотках $W1$ и $W2$ ($I_1 = 3.6$ А и $I_2 = 2$ А). Но это справедливо только в случае, когда ток протекает лишь по одной из них. На первом этапе преобразования это выполняется всегда, поскольку обмотка $W2$ отключена обратным смещенным диодом $VD1$. А на втором – только если отключена нагрузка одного из каналов. То есть, если отключить нагрузку первого канала ($I_{\text{ВЫХ1}} = 0$), тогда после заряда конденсатора $C2$ диод $VD2$ закроется, и ток через обмотку $W1$ на втором этапе преобразования

протекать не будет ($I_2 = 2$ А, а $I_1 = 0$). Если то же самое проделать со вторым каналом, тогда получим, соответственно, $I_1 = 3.6$ А, а $I_2 = 0$. Но если оба канала нагружены, то на втором этапе преобразования изменения токов I_1 и I_2 уже будут другими.

Ближайшей похожей задачей в теории электрических цепей является задача о параллельном соединении двух связанных индуктивностей (mutual inductance) (Рисунок 20). Однако ее решение, приведенное во многих учебниках, например в [13], оставляет много вопросов. Например, эквивалентная индуктивность $L_{\text{ЭКВ}}$ двух связанных обмоток определяется по формуле:

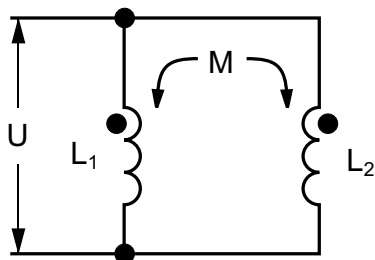


Рисунок 20. Задача о параллельном соединении связанных индуктивностей.

$$L_{\text{ЭКВ}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}, \quad (45)$$

где

L_1, L_2 – собственные индуктивности обмоток;

M – взаимная индуктивность.

Взаимная индуктивность M показывает степень связи токов в обмотках с общим магнитным потоком (собственный магнитный

поток каждой обмотки является потоком рассеяния):

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}, \quad (46)$$

где K – коэффициент связи между обмотками ($0 \leq K \leq 1$).

При $K = 0$ (нет связи, $M = 0$) формула (45) превращается в известное соотношение для определения эквивалентного значения двух параллельно соединенных независимых индуктивностей, что свидетельствует о ее корректности. Но после этого все авторы учебников по теории электрических цепей, в том числе и [13], почему-то прекращают анализ полученного выражения. Но что будет, если обмотки имеют 100% связь друг с другом, когда $K = 1$? В этом случае числитель формулы (45) обращается в ноль независимо от значений L_1 и L_2 и способа включения обмоток (встречно или параллельно). Правильно ли это?

Давайте проведем мысленный эксперимент. Возьмем какой-нибудь магнитопровод и намотаем обмотку двумя изолированными проводами (Рисунок 21). Возьмем прибор и измерим индуктивность первого провода – пусть она равна 1 Гн. Теперь измерим индуктивность второго – очевидно, что она тоже будет равна 1 Гн. А теперь соединим параллельно провода и измерим полученную индуктивность. Согласно формулам (45), (46) прибор должен показать 0 Гн, но продолжает

показывать 1 Гн. Если бы обмотки имели разные магнитопроводы, тогда эквивалентная индуктивность была бы равна 0.5 Гн – значит налицо факт магнитной связи между обмотками. А ведь обмотку еще можно намотать литцентратом...

Так что же происходит в параллельно соединенных связанных индуктивностях? Оказывается, что при 100% связи схема Рисунок 20 может существовать только при одном условии, определяемом на основании закона Фарадея и второго закона Кирхгофа:

$$U = N_1 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \frac{d\Phi}{dt}. \quad (47)$$

А это значит, что при отсутствии потоков рассеяния и потерь в обмотках количество их витков должно быть одинаково ($N_1 = N_2$). В противном случае должен быть нарушен один из фундаментальных законов.

На практике, конечно, такая цепь может существовать при любом соотношении числа витков, ведь стопроцентную связь, как утверждают физики, обеспечить практически невозможно, да и обмотки имеют ненулевые сопротивления, падения напряжения на которых могут «спасти» ситуацию. Получается, что формула (45) все-таки правильна, ведь в случае $L_1 = L_2$ эквивалентная индуктивность будет равна нулю. Но почему тогда она дает неправильный результат при $L_1 = L_2$ и $K = 1$? Ответа я пока не нашел. Возможно, сущес-

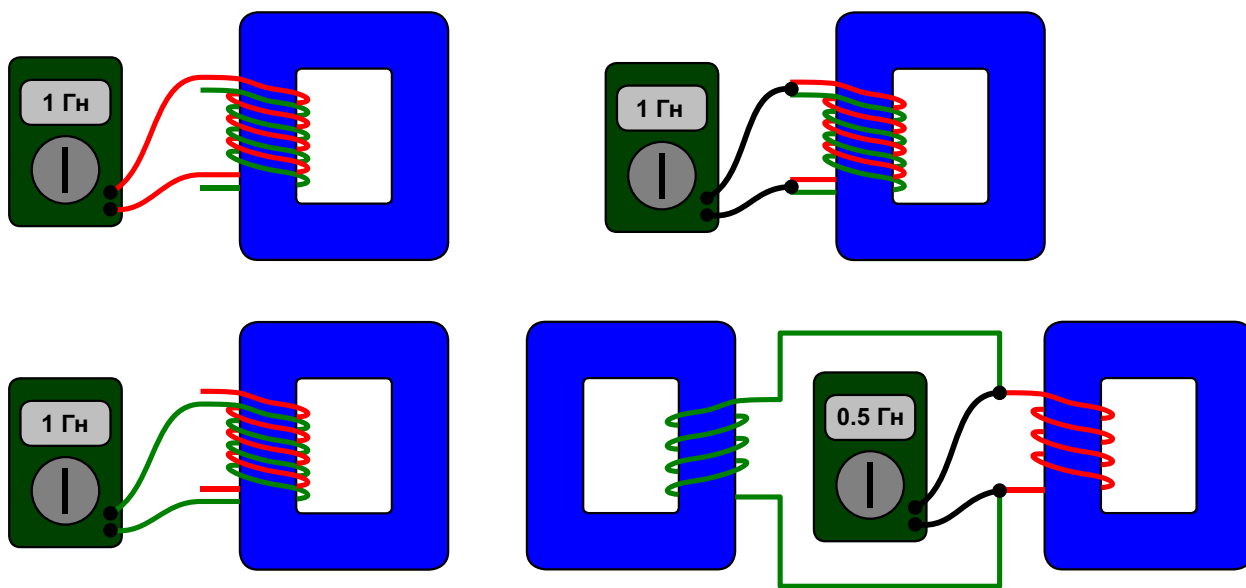


Рисунок 21. Измерение индуктивности обмотки, намотанной двумя проводами.

твуют пределы применимости этой формулы, о которых авторы почему-то умалчивают.

Почему я обратил внимание на этот момент. Я не буду утверждать, что формула (45) неправильна или некорректна. Возможно, при $K \ll 1$ она даст правильные результаты. Однако в нашем случае такой подход к анализу электрических процессов в обмотках дросселя даст некорректные результаты. Этот вопрос, кстати, может стать неплохой темой для обсуждения на форуме портала РадиоЛоцман – я с удовольствием приму участие в дискуссии.

Итак, при параллельном соединении двух связанных обмоток должно выполняться условие (47), которое в общем случае можно записать как:

$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2} \dots \quad (48)$$

Для определения величины изменения тока этого пока недостаточно. Но тут поможет другое свойство. Поскольку общий магнитный поток связан со всеми витками, по которым протекает электрический ток, его изменение должно привести к одинаковому изменению тока в каждой витке, а это значит, что:

$$\frac{I_1}{N_1} = \frac{I_2}{N_2} \dots \quad (49)$$

Изменение намагничивающей силы H связано с изменением токов в активных обмотках следующим образом:

$$H = \frac{I_1 N_1 + I_2 N_2 + \dots}{L_{CP}} \quad (50)$$

Теперь, связав воедино формулы (48) – (50) и все, что было сказано раньше, можно получить обобщенную формулу, позволяю-

щую определить изменение тока в любой обмотке дросселя:

$$I = \frac{U t}{L_1 L_2 \dots} = \frac{U t}{L_{CP} N_{OБМ}}, \quad (51)$$

где U – напряжение, приложенное к обмотке на интервале t .

И наконец, мы можем определить изменение тока на втором этапе преобразования, при условии, что оба канала преобразователя имеют нагрузку:

$$I_1 = \frac{(U_{ВЫХ1} U_{ВХ}) t_2}{L_1 L_2} = \frac{(12 \cdot 5) \cdot 4.17 \cdot 10^6}{8.06 \cdot 10^6 \cdot 24.7 \cdot 10^6} = 0.89 \text{ А}; \quad (52)$$

$$I_2 = \frac{U_{ВЫХ2} t_2}{L_1 L_2} = \frac{12 \cdot 4.17 \cdot 10^6}{8.06 \cdot 10^6 \cdot 24.7 \cdot 10^6} = 1.53 \text{ А}.$$

Давайте выполним проверку. На первом этапе преобразования ток, протекающий только по обмотке $W1$, вызовет изменение относительной намагничивающей силы:

$$HL_{CP} = I_1 N_1 = 3.6 \cdot 12 = 43 \text{ А}. \quad (53)$$

А на втором этапе:

$$HL_{CP} = I_1 N_1 + I_2 N_2 = 0.89 \cdot 12 + 1.53 \cdot 21 = 43 \text{ А}. \quad (54)$$

И это подтверждает правильность наших расчетов. Теперь мы знаем, как будут изменяться токи в различных режимах работы (Таблица 3) и можем приступить к определению их остальных параметров (максимальных, средних и действующих значений).

Таблица 3. Изменение тока в обмотках дросселя при различных режимах работы

	Первый этап преобразования	Второй этап преобразования		
		Работают оба канала ($I_{ВЫХ1} = 0, I_{ВЫХ2} = 0$)	Работает первый канал ($I_{ВЫХ1} = 0, I_{ВЫХ2} = 0$)	Работает второй канал ($I_{ВЫХ1} = 0, I_{ВЫХ2} = 0$)
$I_1, \text{ А}$	3.6	0.89	3.6	
$I_2, \text{ А}$		1.53		2

Кстати, при легких нагрузках, если силовая часть преобразователя будет работать в разрывных режимах, ситуация будет еще сложнее. Вначале ток в обеих обмотках будет уменьшаться со скоростями $U/(L_1 + L_2)$ а затем, после отключения одной из обмоток, скорость изменения тока в оставшейся рабочей обмотке увеличится и будет равна или U/L_1 или U/L_2 (в зависимости от того, какой из диодов закроется раньше). Однако анализ работы этой схемы в разрывных режимах выходит за рамки данной статьи. **РЛ**

Список источников

1. Русу А.П. [Откуда появились базовые схемы преобразователей](#)
2. Русу А.П. [Зачем нужен трансформатор в импульсном преобразователе электрической энергии?](#)
3. Русу А.П. [Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии](#)

4. Русу А.П. [В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя?](#)
5. Материалы с сайта <http://coretech.com.ua/>
6. Русу А.П. [Как определить размеры магнитопровода дросселя импульсного преобразователя](#)
7. Русу А.П. [Почему импульсные преобразователи «не любят» «легкую» нагрузку](#)
8. Каталог Powder Cores. – Epcos. – Magnetics. – 2017. – 112с.
9. Ferrites and accessories. SIFERRIT material N87. – Epcos. – 2006. – 7с.
10. [Каталог сердечников из распыленного железа](#). – Coretech. – 2012. – 24с.
11. Русу А.П. [Почему обмотки дросселя обратного ходового преобразователя могут иметь разное число витков](#)
12. Русу А.П. [Может ли ток в обмотке дросселя измениться мгновенно?](#)
13. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И. Основы теории цепей: Учебник для вузов; Под ред. В.П. Бакалова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 597 с.

Продолжение темы в следующем номере

Композитные усилители. Сочетание большой нагрузочной способности с высокой точностью

Jino Loquinario, Analog Devices

Analog Dialogue

Введение

Нормально и почти ожидаемо столкнуться с приложениями, решения для которых, на первый взгляд, не существует. Чтобы выполнить предъявляемые к ним требования, нужно подумать о решении, которое выходит за рамки характеристик существующих продуктов, предлагаемых рынком. Например, приложению может потребоваться высокоскоростной и высоковольтный усилитель с большой нагрузочной способностью, но также одновременно могут потребоваться превосходная точность по постоянному току, низкие шумы, низкие искажения и т. д.

Усилители, отвечающие требованиям по скорости и выходному напряжению/току, как и усилители с исключительной точностью по постоянному току, легко доступны на рынке. Однако полный перечень необходимых характеристик может отсутствовать в одном усилителе. Столкнувшись с этой проблемой, некоторые могут подумать, что удовлетворить требования таких приложений невозможно, и что нужно согласиться на посредственное решение и использовать либо прецизионный усилитель, либо высокоскоростной усилитель, возможно, пожертвовав некоторыми из требуемых параметров. К счастью, это не совсем так. Есть решение проблемы в виде композитного усилителя, и в статье вы увидите, как это делается.

Композитный усилитель

Композитный усилитель – это комбинация из двух отдельных усилителей, сконфигурированных таким образом, чтобы реализовать преимущества каждого отдельного усилителя при одновременном уменьшении недостатков каждого усилителя.

На Рисунке 1 усилитель AMP1 должен иметь превосходную точность по постоянному току, а также требуемые приложением низкие шумы и искажения. AMP2 должен иметь высокую нагрузочную способность. В этой схеме усилитель с требуемыми выходными характеристиками (AMP2) размещается внутри петли обратной связи усилителя AMP1, имеющего необходимые входные характеристики. Ниже мы обсудим некоторые методы и преимущества этой конфигурации.

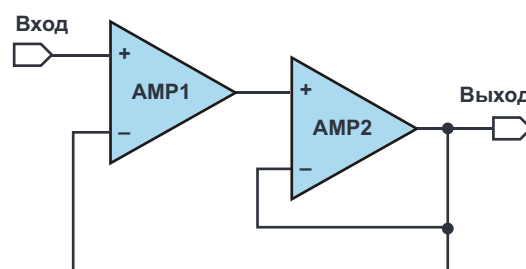


Рисунок 1. Простая конфигурация композитного усилителя.

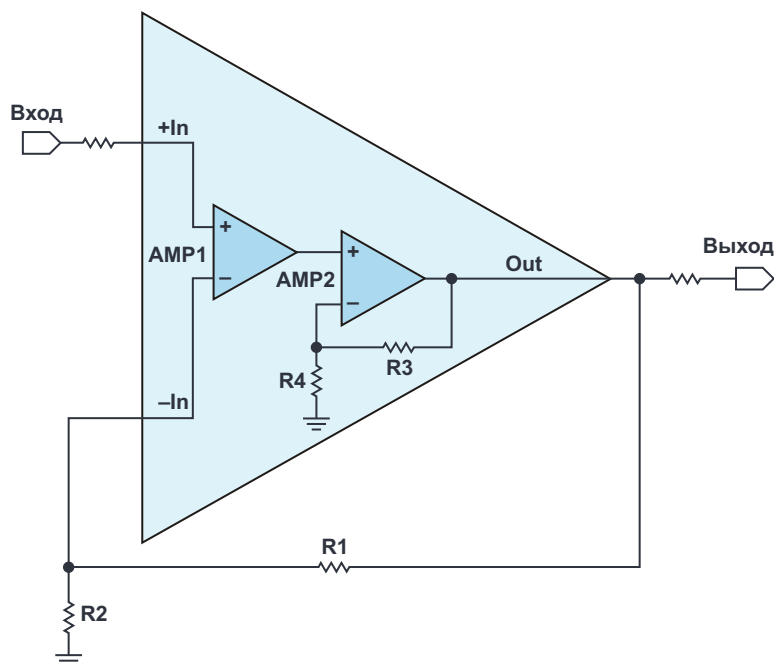


Рисунок 2. Композитный усилитель, рассматриваемый как один усилитель.

Установка коэффициента усиления

Первый вопрос, который может возникнуть при взгляде на композитный усилитель, заключается в том, как установить его усиление. Для ответа на него композитный усилитель полезно рассматривать как один неинвертирующий операционный усилитель (ОУ), заключенный в большой треугольник (Рисунок 2). Если представить, что треугольник затемнен, и мы не можем видеть, что находится внутри, тогда коэффициент усиления неинвертирующего операционного усилителя будет равен $1 + R1/R2$. Наличие сложной конфигурации внутри треугольника ничего не меняет – усиление всего этого по-прежнему зависит только от соотношения сопротивлений резисторов R1 и R2.

Глядя на эту схему, можно подумать, что изменение усиления AMP2 с помощью R3 и R4 повлияет на выходной уровень AMP2, указывая на изменение композитного усиления, но на самом деле это не так. Увеличение усиления AMP2 с помощью R3 и R4 просто уменьшит эффективное усиление и выходной уровень AMP1, так что выходной сигнал композитного устройства (выход AMP2) останется неизменным. И наоборот, уменьшение усиления AMP2 послужит увеличению эффективного усиления AMP1. Таким образом, в общем случае, усиление композитного усилителя зависит только от R1 и R2.

В этой статье будут обсуждаться основные преимущества и конструктивные решения при реализации композитного усилителя. Особое внимание будет уделено влиянию конфигурации такого усилителя на полосу пропускания, точность по постоянному току, шумы и искажения.

Расширение полосы пропускания

Одним из основных преимуществ композитного усилителя является более широкая полоса пропускания по сравнению с одним усилителем, сконфигурированным для того же коэффициента усиления.

Обратимся к Рисункам 3 и 4 и предположим, что у нас есть два отдельных усилителя, каждый из которых имеет произведение полосы пропускания на коэффициент усиления

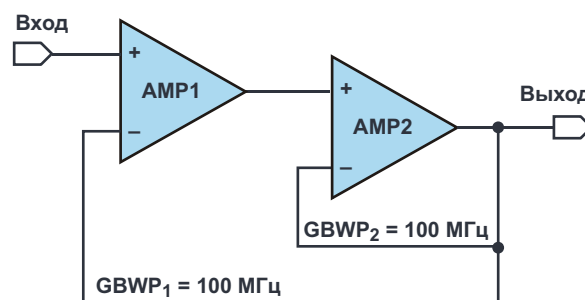


Рисунок 3. Композитный усилитель с единственным усилением.

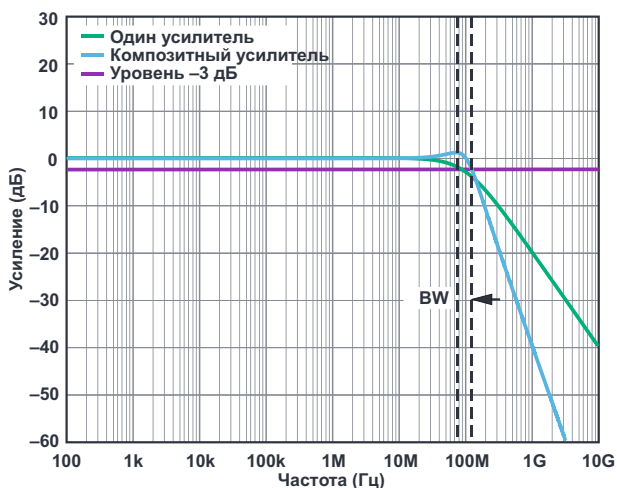


Рисунок 4. Расширение полосы пропускания по уровню -3 дБ (BW) при единичном усилении.

(GBWP), равное 100 МГц. Объединение их в составную конфигурацию увеличит эффективное GBWP. При единичном усилении полоса пропускания композитного усилителя по уровню -3 дБ примерно на 27% шире, хотя характеристика и имеет небольшой выброс. Однако при более высоких коэффициентах усиления этот выигрыш становится намного более заметным.

На Рисунке 5 показан композитный усилитель с коэффициентом усиления 10. Обратите внимание, что композитное усиление установлено равным 10 с помощью резисторов $R1$ и $R2$. Коэффициент усиления AMP2, установленный равным приблизительно 3.16, делает эффективный коэффициент усиления AMP1 таким же. Разделение усиления в равных долях между двумя усилите-

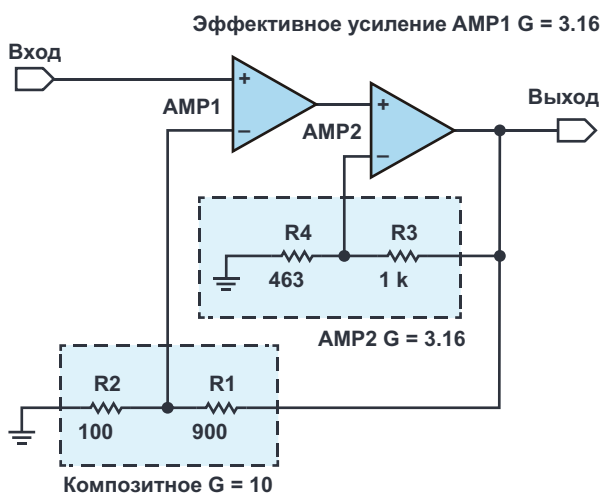


Рисунок 5. Композитный усилитель, сконфигурированный для коэффициента усиления, равного 10.

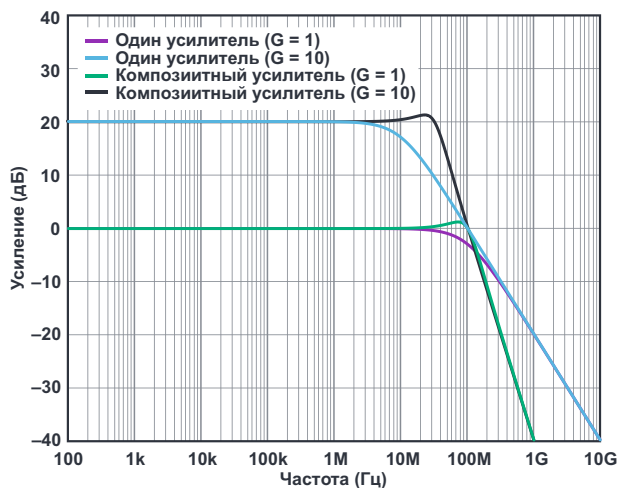


Рисунок 6. Расширение полосы пропускания по уровню -3 дБ для усиления 10.

лями дает максимально возможную полосу пропускания.

На Рисунке 6 приведена частотная характеристика одного усилителя с коэффициентом усиления 10 в сравнении с композитным усилителем, имеющим такое же усиление. В этом случае композитная схема обеспечивает увеличение полосы пропускания по уровню -3 дБ приблизительно на 300%. Как же такое возможно?

Для конкретного примера обратимся к Рисункам 7 и 8. Пусть нам требуется усиление системы 40 дБ, и мы будем использовать два идентичных усилителя, каждый с усилением без обратной связи 80 дБ и полосой пропускания 100 МГц.

Чтобы реализовать максимально возможную полосу пропускания составного усилителя, мы поровну разделим необходимый коэффициент усиления системы между двумя усилителями, дав каждому из них коэффи-

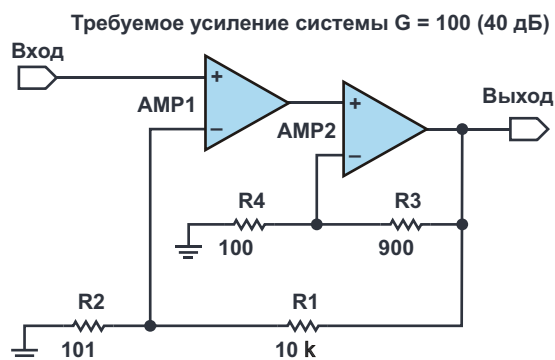


Рисунок 7. Разделение усиления для получения максимальной полосы пропускания.

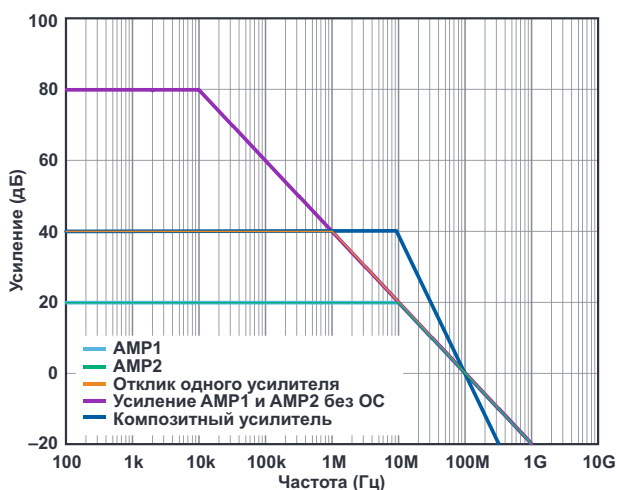


Рисунок 8. Ожидаемый отклик одиночного усилителя.

ент усиления 20 дБ. Таким образом, задание коэффициента усиления AMP2 с замкнутой обратной связью, равным 20 дБ, также устанавливает равным 20 дБ эффективное усиление AMP1 с замкнутой обратной связью. При такой конфигурации коэффициентов усиления оба усилителя относительно АЧХ разомкнутого контура работают ниже, чем работали бы любой из них при усилении 40 дБ. В результате композитный усилитель при коэффициенте усиления 40 дБ будет иметь более широкую полосу пропускания, чем решение с одним усилителем с тем же коэффициентом усиления.

Хотя это может показаться относительно простым и легким в реализации, при проектировании композитного усилителя следует проявлять разумную осмотрительность, чтобы получить максимально возможную полосу пропускания, не жертвуя устойчивостью схемы. В реальных приложениях, где усилители неидеальны и, возможно, неидентичны, необходимо обеспечить правильное распределение усиления между каскадами. Также обратите внимание, что композитное усиление спадает со скоростью -40 дБ/декада, поэтому при распределении усиления между двумя каскадами необходимо соблюдать осторожность.

В некоторых случаях разделение усиления в равных долях может быть невозможным. В таком случае равное распределение

усиления между двумя усилителями требует, чтобы GBWP усилителя AMP2 всегда было больше или равно GBWP усилителя AMP1; в противном случае на АЧХ может возникнуть выброс и, как следствие, композит будет неустойчив. Если GBWP усилителя AMP1 должно быть больше, чем усилителя AMP2, неустойчивость обычно может быть устранена перераспределением коэффициентов усиления между двумя усилителями. В этом случае уменьшение усиления AMP2 вызывает увеличение эффективного усиления AMP1. В результате полоса пропускания AMP1 с замкнутой цепью обратной связи уменьшается, поскольку его АЧХ проходит выше кривой характеристики разомкнутого контура, а полоса пропускания AMP2 с замкнутой цепью обратной связи увеличивается, поскольку его АЧХ проходит ниже кривой характеристики разомкнутого контура. Если это замедление AMP1 и ускорение AMP2 подобрано надлежащим образом, устойчивость составной комбинации восстанавливается.

Таблица 1. Расширение полосы пропускания различных комбинаций усилителей для коэффициента усиления, равного 10, и выходного напряжения 10 В пик-пик.

Усилитель	Полоса пропускания (кГц)		Расширение полосы пропускания (%)
	Одного усилителя	Композитного усилителя	
ADA4091	30	94	213
AD8676	165	517	213
AD8599	628	2674	325

Чтобы продемонстрировать преимущества композитного усилителя, для этой статьи в качестве основы выходного каскада (AMP2) был выбран усилитель AD8397, а на входе (AMP1) использовались различные прецизионные усилители (Таблица 1). AD8397 – это высокоточный усилитель, способный отдавать в нагрузку 310 мА. **PL**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8397](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD8599](#)
3. [Datasheet Analog Devices AD8676](#)
4. [Datasheet Analog Devices ADA4091-2](#)

Окончание в следующем номере

Тестирование и модернизация импульсного лабораторного источника питания

Окончание. Начало в номере 09-2019

Михаил Гурович, США

В первую очередь была проведена замена фильтрующих электролитических конденсаторов, стоящих перед дросселем, на более качественные и большей емкости. Исходно в ЛИП были установлены два электролитических конденсатора по 330 мкФ × 100 В каждый. Интересно, что на печатной плате предусмотрено место для трех таких конденсаторов (см. Рисунок 6), но как говорится, экономика должна быть экономной, и наши китайские товарищи решили, что и двух конденсаторов

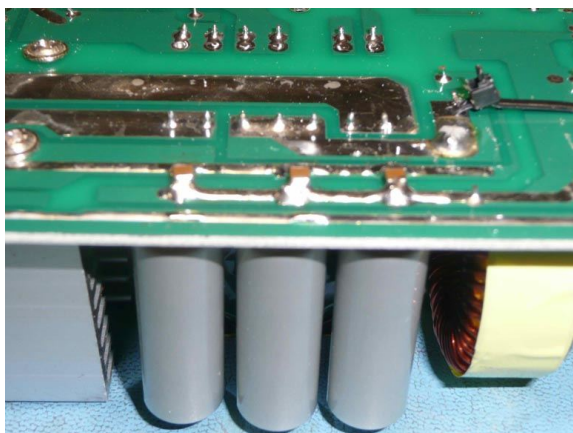


Рисунок 15. Новые электролитические конденсаторы и керамические конденсаторы на их выводах.

будет достаточно. Вместо этих двух конденсаторов автор установил три других по 430 мкФ × 100 В каждый.

Затем выводы этих конденсаторов были шунтированы керамическими конденсаторами, которые были расположены в непосредственной близости к выводам электролитических конденсаторов. Результаты этих двух шагов показаны на Рисунке 15.

После этого была сделана замена дросселя фильтра на другой, с большей индуктивностью. При анализе ситуации автор измерил индуктивность установленного производителем дросселя и нашел другой, но с большей индуктивностью. Оригинальный дрос-

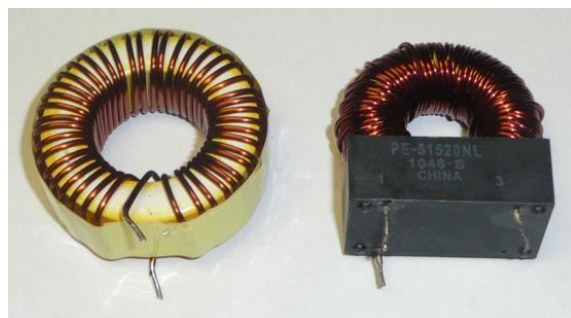


Рисунок 16. Старый (слева) и новый (справа) дроссели.

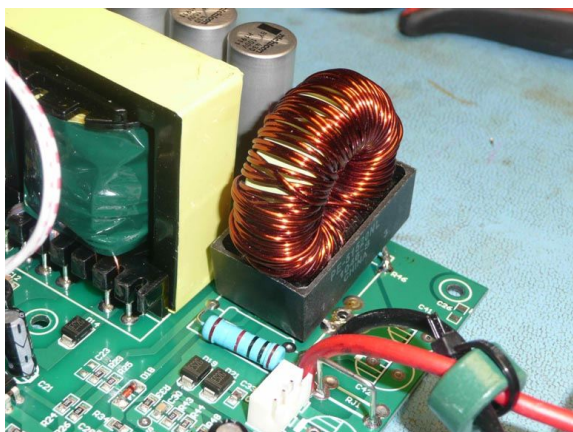


Рисунок 17. Печатная плата с установленным новым дросселем.

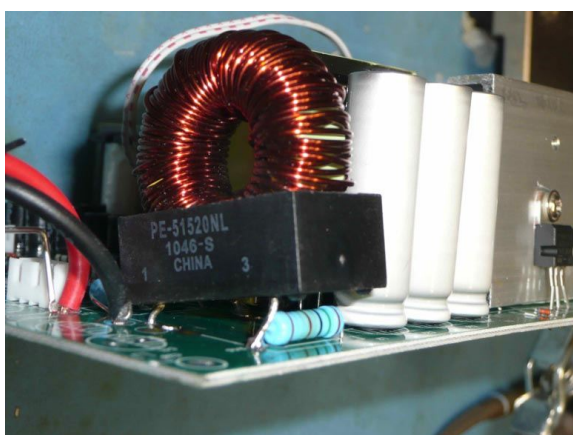


Рисунок 18. При монтаже нового дросселя вывод 3 используется для обеспечения механической прочности.

сель был выпаян и измерен. Маркировки на нем не было вообще, измеренная индуктивность составила около 100 мкГн. Была найдена замена – высокочастотный дроссель с такими же габаритами и расположением выводов, но с индуктивностью 400 мкГн. На Рисунках 16, 17 и 18 показаны старый и новый дроссели и печатная плата с установленным новым дросселем. Обратите внимание, что у нового дросселя три вывода; вывод 3 не подключен к обмотке и служит только для механического крепления. Поэтому автор припаял этот вывод к выводу одного из резисторов рядом с дросселем для обеспечения механической прочности.

Также была проведена замена фильтрующих электролитических конденсаторов, стоящих после дросселя, на более качественные, большей емкости и на большее напряжение. При изучении печатной платы выяснилось,

что после дросселя производителем были установлены два электролитических конденсатора на 330 мкФ и на напряжение 63 В каждый. И это на выходе источника питания с максимальным напряжением 60 В! Ай да китайцы, ай да молодцы! Было принято решение заменить эти два конденсатора на другие электролитические конденсаторы – по 430 мкФ × 100 В каждый. Сначала автор собирался установить три таких конденсатора, но в процессе выяснилось, что для трех новых конденсаторов не хватает места, так как они по диаметру больше старых. Поэтому после дросселя было установлено только два конденсатора. И так же, как и до дросселя, на выводы каждого электролитического конденсатора был установлен шунтирующий керамический конденсатор. Несколько таких керамических конденсаторов было также добавлено между выходными проводниками печатной платы. Новые и старые электролитичес-

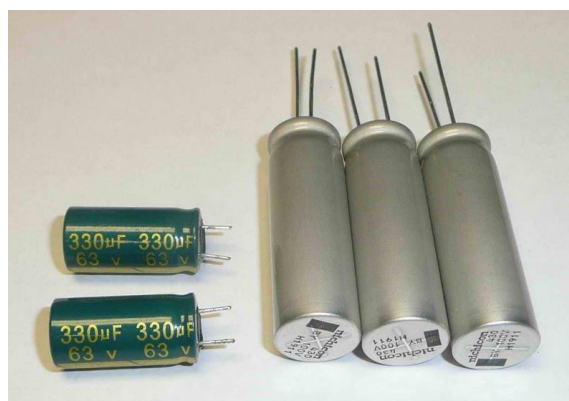


Рисунок 19. Старые (слева) и новые (справа) электролитические конденсаторы.



Рисунок 20. Установленные керамические конденсаторы.

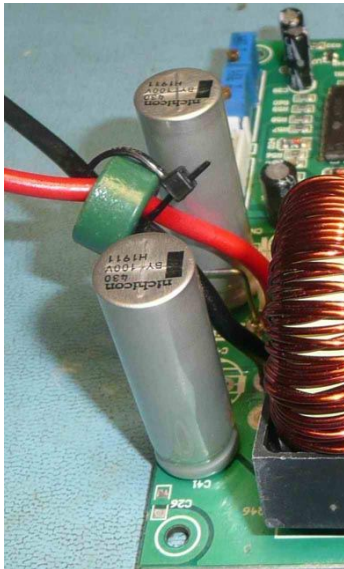


Рисунок 21. Установленные новые электролитические конденсаторы.

кие конденсаторы, установленные новые электролитические конденсаторы и керамические конденсаторы показаны на Рисунках 19, 20 и 21.

И в конце было выполнено шунтирование керамическими конденсаторами выводов выходных клемм. При детальном рассмотрении выходных клемм стало ясно, что на отдельной печатной плате, к которой крепятся эти клеммы, предусмотрено место для электролитических конденсаторов, видимо,



Рисунок 22. Печатная плата выходных клемм до модификации.



Рисунок 23. Печатная плата выходных клемм после модификации.

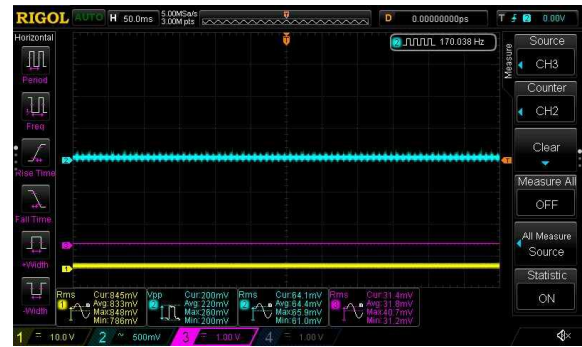


Рисунок 24. ЛИП в режиме XX. Выходное напряжение установлено на минимум.

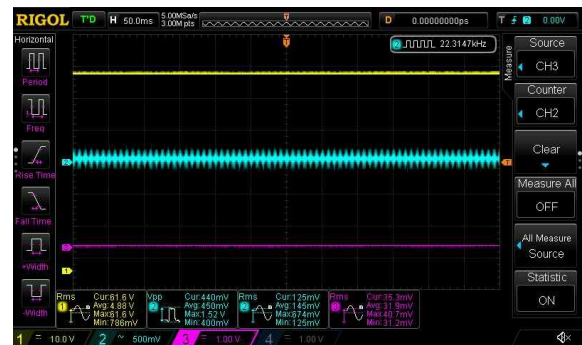


Рисунок 25. ЛИП в режиме XX. Выходное напряжение установлено на максимум.

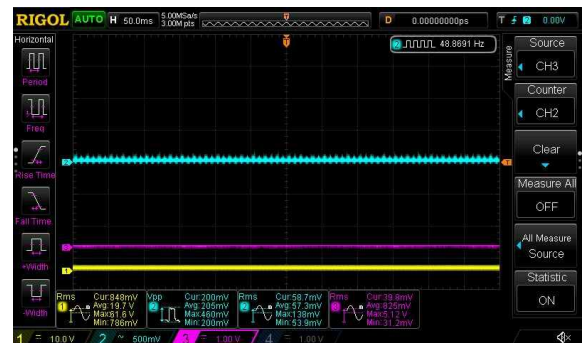


Рисунок 26. ЛИП под нагрузкой. Выходное напряжение установлено на минимум.



Рисунок 27. ЛИП под нагрузкой. Выходное напряжение установлено на максимум.

Таблица 1. Сравнительная таблица результатов измерений ЛИП до и после модификации

Режим	Выходное напряжение	До модификации		После модификации	
		V пик-пик	V с.к.з.	V пик-пик	V с.к.з.
Холостой ход	Минимальное	820 мВ	210 мВ	220 мВ	65 мВ
	Максимальное	1.27 В	355 мВ	355 мВ	145 мВ
Под нагрузкой	Минимальное	820 мВ	210 мВ	205 мВ	58 мВ
	Максимальное	1.7 В	545 мВ	660 мВ	145 мВ

судя по посадочному месту, небольшой емкости, но которые не были установлены. Поэтому на эту плату с обратной стороны на контактные площадки этих неустановленных конденсаторов были добавлены два шунтирующих керамических конденсатора. Вид этой печатной платы до и после модификации показан на Рисунках 22 и 23.

Выполнив все эти шаги, собираем ЛИП. Используем более качественные винты, пропаиваем и изолируем провода выключателя и на входном АС разьеме.

Собираем все, но пока не устанавливаем крышку. Включаем и проверяем ЛИП после модификации, используя ту же тестовую установку. Результаты тестов после модификации показаны на Рисунках 24, 25, 26 и 27.

Собранный ЛИП после модификации (без верхней крышки) показан на Рисунке 28.

Сравнение результатов тестов до и после модификации дано в Таблице 1.

Описанным выше способом автором были модифицированы четыре таких ЛИП. Все четыре устройства после модификации продемонстрировали намного меньший уровень высокочастотного шума на выходе как в режи-



Рисунок 28. ЛИП без верхней крышки после модификации.

ме холостого хода, так и под максимальной нагрузкой.

Вывод: если данный ЛИП планируется использовать для питания электронных устройств, делать это без модификации нежелательно из-за высокого уровня высокочастотных помех на выходе источника. Этот высокочастотный шум может быть значительно снижен, если выполнить все описанные выше шаги. **РЛ**

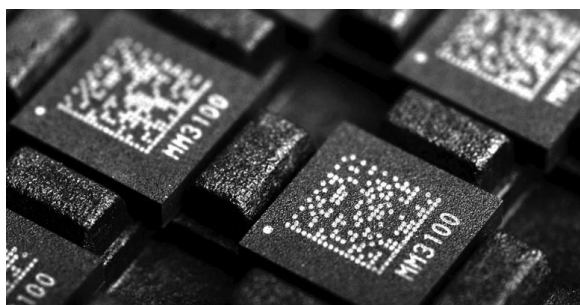
Список использованных в проекте компонентов (обозначения изготовителей):

- Электролитические конденсаторы: UBY2A431MHL 430 μ F 100 V 31 mOhm @ 100 kHz 3000 Hrs @ 135 °C;
- Керамические конденсаторы: GRM32DC72A475KE01K 4.7 μ F \pm 10% 100 V X7S 1210 (3225 Metric);
- ВЧ дроссель: PE-51520NL.

МЭМС реле расширяют пределы коммутируемой мощности

Paul Rako

Electronic Design



На выставке APEC 2019 компания Menlo Micro продемонстрировала свое новое силовое реле, изготовленное с использованием технологий микроэлектромеханических систем (МЭМС). Menlo Micro, дочерняя компания General Electric (GE), рассчитывала разработать надежную и безопасную технологию коммутации питания для своего магниторезонансного томографа и другого медицинского оборудования.

На первом этапе Menlo Micro реализовала лицензированную GE технологию в радиочастотных и других маломощных приложениях. Теперь же она создала компонент, способный коммутировать ток 3 А при напряжении 150 В (Рисунок 1). MM1200-6 – это МЭМС реле, которое, по заявлению компании, может выдерживать три миллиарда переключений при температуре 85 °С. Шестью коммутаторами вы управляете через последовательную шину SPI. Любой из шести переключателей

может пропускать через себя ток 1 А, однако максимальный ток, протекающий через все коммутаторы корпуса, ограничен значением 3 А,

Параллельно с МЭМС контактами реле имеет МОП транзистор. Этот транзистор может устранить искрение контактов, поскольку управляющая электроника внутри устройства выключает МОП транзистор после размыкания контактов. Включается МОП транзистор перед замыканием контакта, что объясняет малое время включения 10 мкс – намного лучше, чем у обычного МЭМС-переключателя.



Рисунок 1. МЭМС-реле MM1200 компании Menlo Micro намного меньше обычных реле.

Параллельный МОП транзистор

Параллельный МОП транзистор [1] не указан в спецификации Menlo Micro, но вы можете сделать вывод о его наличии. Во-первых, в техническом описании указано «номинальное напряжение переменного или постоянного тока +150 В». «Переменного» означает, что это биполярное устройство, тогда как «+» показывает, что оно в действительности может работать только с положительным напряжением. Для коммутации переменного тока вы должны использовать два встречно включенных устройства, аналогично твердотельному реле, в котором используются два встречно включенных МОП транзистора. Кроме того, аналогично полевому транзистору, в документации указан ток утечки 19 нА при напряжении 150 В, приложенном к контактам, но нет информации о зависимости этой утечки от температуры.

Использование МОП транзистора, параллельного механическим контактам, является умным решением и может позволить взять лучшее из обоих подходов к конструкции реле. Одновременно это может также дать худшее из обоих подходов – такое как инжекция заряда затвора в исток и эффект Миллера. Реле имеют ограничения по рабочей температуре и выпускаются в версиях 85 °С и 100 °С. Обратите внимание, что 27 из 49 контактов корпуса BGA предназначены для земли, поэтому вы можете легко отводить тепло от компонента. Сопротивление замкнутого контакта составляет 500 мОм, а это значит, что при токе 1 А в виде тепла будут теряться 500 мВт. Пока вы не забываете о гибридной природе этой штуковины, вы можете быть уверены, что учтете все проблемы, с которыми, возможно, вам придется столкнуться.

Одним из преимуществ является то, что активация реле является электростатической, что должно сделать его гораздо более защищенным от паразитных магнитных полей, которые иногда могут быть достаточно сильными, чтобы от них сработало обычное реле, как это случилось однажды со сгоревшей стойкой моего друга. Поскольку контакты приводятся в действие электростатически, на реле необходимо подавать напряжение смещения 75 В, а также логическое питание 5 В. От источника смещения 75 В реле потребляет всего 100 мкА.

Обратите внимание на шум

Помимо инжекции заряда из открывающегося и закрывающегося МОП транзистора, дополнительные проблемы возникают от того, что электростатический затвор находится в непосредственной близости от контактов (Рисунок 2). Это означает, что любой шум источника смещения 75 В может проникнуть в цепь прохождения сигнала. Большинству приложений это не должно мешать, но, тем не менее, о потенциальной проблеме следует помнить.

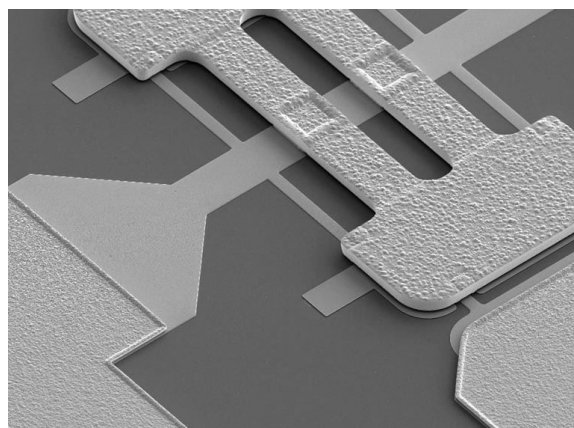


Рисунок 2. Контакты внутри реле Menlo Micro замыкаются с помощью команды SPI, которая подает 75-вольтовый сигнал на затвор структуры.

Я спросил Криса Джованниелло (Chris Giovanniello), старшего вице-президента подразделения разработки продуктов в Menlo Micro, помогла ли герметичность МЭМС-устройства в достижении необходимых длин путей утечки между выводами и по корпусу. Он ответил: «Да, это герметично, и это очень важно. Мы можем без искрения выдерживать относительно высокие напряжения – 200 В или 400 В – в очень маленьком зазоре».

Отвечая на мой вопрос о ценах, он отметил, что когда объемы заказов достигнут миллионов, он рассчитывает предлагать клиентам продукты по цене менее доллара за канал, а в случае этого компонента – 6 долларов. В настоящее время доступны опытные образцы, а массовое производство будет развернуто в первом квартале 2020 года. Для ограниченного круга клиентов уже установлены твердые цены.

Закон Пашена

Для реализации электростатического управления необходимо, чтобы контакты были как можно ближе друг к другу. Может показаться, что это должно быть проблемой для реле с рабочим напряжением 150 В. Но Джованниелло отослал меня к закону Пашена, который связывает зазор между контактами и пробивное напряжение (Рисунок 3). Он заметил, что, глядя на графики, «Вы получите некоторые намеки в отношении физически процессов, стоящих за тем, что мы делаем. Это парадоксально, но иногда меньшие зазоры могут дать более высокое напряжение искрения».

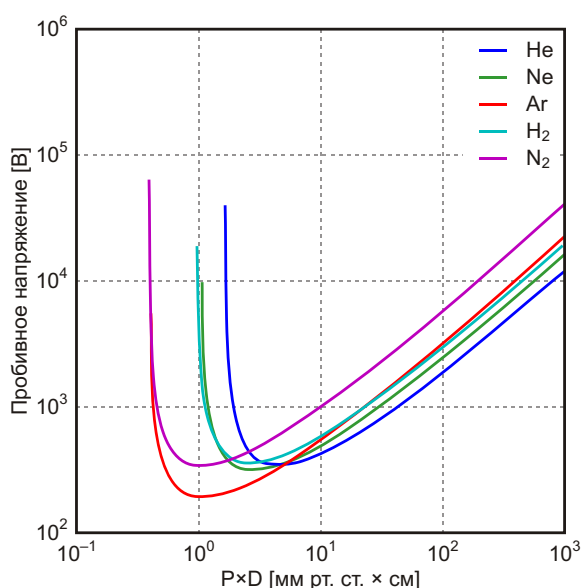


Рисунок 3. Закон Пашена гласит, что напряжение дуги между двумя контактами будет увеличиваться, когда контакты сближаются. (Источник: Wikipedia).

График отображает зависимость пробивного напряжения от давления и величины зазора. Малые зазоры, необходимые для электростатической активации, фактически, улучшают пробивное напряжение устройства. Вероятно также, что для достижения лучшего напряжения пробоя Menlo Micro может подбирать давление или состав заполняющего газа.

Компания не новичок в области МЭМС переключателей (Рисунок 4). Она успешно выпускает радиочастотные коммутаторы, объединив техпроцессы, полученные от GE и Corning Glass, которые она унаследовала при выходе из GE. Menlo использует металличе-

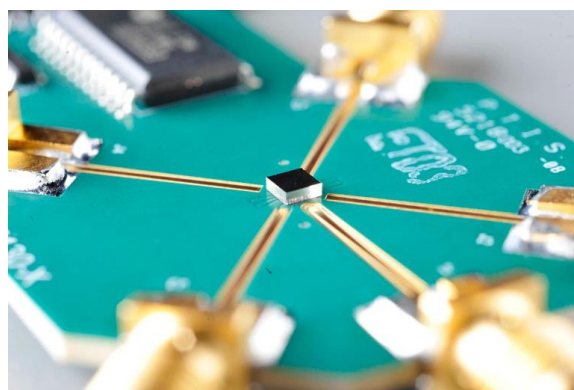


Рисунок 4. Свою технологию МЭМС Menlo Micro оттачивала на радиочастотных коммутаторах.

кие сплавы собственной разработки, которые наносятся на стеклянные пластины. Стеклянные пластины, поставляемые Corning, имеют межслойные переходные соединения (TGV – Through-glass vias), обеспечивающие необходимые характеристики МЭМС-приборов.

Джованниелло объясняет: «Большинство инновационных решений Menlo приходится на усовершенствованные материалы и процессы для изготовления высоконадежных контактов коммутаторов. В частности, это нестандартные сплавы, сохраняющие очень высокую механическую прочность в течение длительного срока службы, но одновременно обладают высокой электропроводностью и низкими потерями. Мы также изготавливаем эти переключатели на кремнии или стекле, что дает нам сверхвысокие характеристики с точки зрения изоляции и радиочастотных параметров. Это уникальная характерная черта наших изделий, поскольку существует не так уж много технологий изготовления МЭМС на стекле».

Примите во внимание, что исследования и разработки в области мощных МЭМС-коммутаторов ведутся многими компаниями. Некоторые исследователи изучают способы магнитной активации, где можно генерировать гораздо большие контактные силы при более низких приложенных напряжениях. Другие исследования утверждают, что достигли рубежа напряжения пробоя 1000 В с почти амперным током, проходящим через переключатель. Если они смогут довести это до производства, это будет означать действительно биполярное реле с гальванической развязкой между выводами управления и контактами.

Радиочастотные МЭМС-коммутаторы

Большинство МЭМС-переключателей предназначены для радиочастотных приборов, где им не нужно проводить большой ток (Рисунок 5). Обширную линейку МЭМС-переключателей выпускает Analog Devices, несомненно, основываясь на своих новаторских исследованиях в области технологии МЭМС-акселерометров. Отличный рассказ об этой технологии Analog Devices разместила на своем веб-сайте [2].

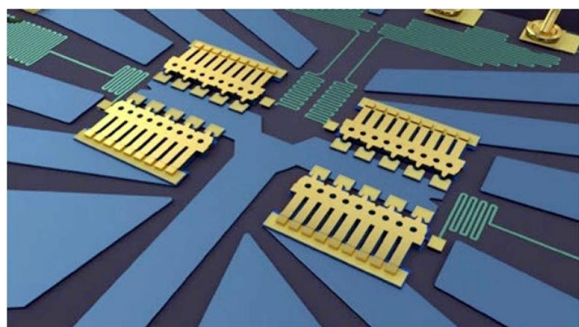


Рисунок 5. Analog Devices предлагает широкий выбор МЭМС-переключателей для радиочастотных приложений. Приваренные к кристаллу проводники в правом верхнем углу дают представление о малых размерах компонента.

Даже если вы не можете использовать МЭМС-устройство, помните, что вы можете использовать хитрость Menlo Micro и коммутировать обычное реле с помощью полевого транзистора, биполярного транзистора или симистора. Вы получаете те же преимущества – отсутствие искрения, – поскольку, когда вы размыкаете контакты, активное устройство принимает на себя нагрузку. Вы должны получить срок службы реле, приближающийся к сроку службы без нагрузки. Исполь-



Рисунок 6. Это реле сгорело внутри чайника Cuisinart. Верх удален для просмотра внутренних повреждений, которые были обширными. Негерметичные реле во влажных условиях могут быть источником проблем.

зую активное устройство перед замыканием контактов, вы также можете увеличить срок службы контактов, поскольку контакты не будут пропускать ток, пока продолжается их дребезг.

Если вам требуется долговечность – не забывайте о герконовых реле. Созданные для телефонной индустрии десятилетия назад, они могут обеспечить очень долгий срок службы и такую же герметичность, как и МЭМС реле. При наличии почти дюжины производителей, вы всегда можете найти деталь, которая вам подходит. Я стал поклонником герметичных реле после того, как обычное загорелось в моем электрическом чайнике (Рисунок 6). **РЛ**

Ссылки

1. [MEMS Power Relay for High-Power AC/DC Applications.](#)
2. [The Fundamentals of Analog Devices' Revolutionary MEMS Switch Technology.](#)

Некоторые вопросы

конструирования любительских оптических локаторов



Басков М. П.

Часть 1

Окончание. Начало в номере 09-2019

М. П. Басков, О. Д. Левашов

Настройка излучателя

Подключаем драйвер излучателя к источнику питания и светодиоду, затем вставляем объектив излучателя в тубус.

Важно! Диаметр объективов в районе линзы примерно на 0.3 мм больше, чем на противоположном торце. Если не учесть этого обстоятельства, то с большой долей вероятности вы не получите должной параллельности оптических осей. Нами использо-



Рисунок 6. Изображение на мишени. Расстояние 3 м, объектив 3 градуса.

валась подмотка узкой ленточкой скотча до точного совпадения диаметров.

Включаем камеру и устанавливаем ее коннект со смартфоном. Убедившись, что видим на экране смартфона четкую и крупную картинку мишени, подаем на излучатель ток 100 мА с частотой 1 кГц и скважностью, равной двум. На экране смартфона увидим примерно такую картинку, как на Рисунке 6.

На экране мы видим изображение кристалла фотодиода в виде квадрата со стороной 20 сантиметров, что соответствует углу расхождения луча 5 градусов.

Повозившись с настройкой излучателя, заключающейся в смещении светодиода по оси в пределах ± 0.1 мм, можно добиться угла расхождения луча 4 градуса.

Однако добиться заявленного продавцом угла в 3 градуса нам не удалось ни на одном из 20 объективов.

Найдя наилучшее положение светодиода, его следует зафиксировать в отверстии объектива с помощью моментального клея. Еще



Рисунок 7. Объективы излучателей в сборе.

раз напоминаем о максимальной осторожности при работе с моментальным клеем, который ни в коем случае не должен попасть на линзу светодиода!

После того как светодиод надежно приклеен к объективу, приклеиваем к нему радиатор, так как средний ток через светодиод работающего локатора может составлять от 0.5 до 1 А. Объектив в сборе должен выглядеть примерно так, как показано на Рисунке 7.

Следующий этап настройки заключается в юстировке лазерного целеуказателя.

Вставьте лазер в трубку и подайте на него напряжение 4 В при токе около 20 мА. В готовом локаторе ток лазера целеуказателя следует увеличить до 40 мА.

Если световое пятно лазера автоматически не расположится в центре светового пятна излучателя локатора, используйте для юстировки тонкие полоски фольги.

Добившись удовлетворительного результата, зафиксируйте положение лазера при помощи термокля.

Не трогайте лазер до полного остывания клея, иначе процедуру юстировки целеуказателя придется повторить! Далее камера нам не нужна, и ее можно выключить.

Последний этап заключается в юстировке фотоприемника; это наиболее трудоемкий этап.

Объектив фотоприемника нужно плотно вставить в тубус так, чтобы можно было легко двигать фототранзистор во втулке объектива. Соединяем фототранзистор с усилителем максимально короткими проводами. Включаем осциллограф и подключаем его к выходу усилителя.

Поскольку сигнал на выходе предварительного усилителя весьма мал, для его четкого обнаружения используем сигнал синхронизации от генератора.

Как правило, после подачи питания на предусилитель на экране осциллографа уже можно разглядеть отраженный сигнал на фоне различных наводок, которые на данном этапе неизбежны.

Постепенно увеличиваем ток через светодиод, добиваясь улучшения соотношения сигнал/шум. При этом постоянно контролируем температуру светодиода, не допуская ее увеличения более 50 градусов.

При помощи пинцета аккуратно двигаем фототранзистор взад-вперед, добиваясь максимальной амплитуды принимаемого сигнала, после чего аккуратно фиксируем фототранзистор при помощи термокля.

Описанный выше процесс не только позволит отладить Приемопередатчик, но и даст представление о том, какой ток следует подвести к светодиоду, и какой коэффициент усиления должен иметь усилитель сигнала фотоприемника.

На этом настройку Приемопередатчика можно считать завершенной.

Рекомендации по конструкции локатора

При конструировании корпуса локатора важно соблюдать все правила электромагнитной совместимости принимающих и передающих блоков. Мы использовали для макетирования корпус-стенд из двустороннего фольгированного текстолита, разделенного на экранированные отсеки, с разделением аналоговой и цифровых частей.

На предельных дальностях обнаружения полезный сигнал на выходе фотоприемника может быть менее 1 мВ, поэтому важно максимальное внимание уделить экранированию, как предварительного усилителя, так и драйвера мощного светодиода. Однако межблочного экранирования оказалось недостаточно, и мы пришли к идее размещения драйвера и предварительного усилителя в металлических тубусах в непосредственной близости от излучателя и приемника, соответственно.

После размещения драйвера и предусилителя в соответствующих тубусах их следует закрыть экранирующими крышками из фольгированного текстолита с установленными на них разъемами. Крышки следует пропаять по периметру.

Выглядеть это должно примерно так, как показано на Рисунке 8.

На рисунке показан одиночный тубус излучателя из другого проекта, но конструкция идентичная.

Теперь к барьеру

Для иллюстрации эффективности представленной конструкции Приемопередатчика мы опишем несколько макетов локатора и полученные с их помощью результаты.

Электронные схемы, приведенные ниже, лишь уточняют условия экспериментов и не обязательны для повторения.

Поскольку данная работа носит исследовательский характер, то схемы содержат только индикацию наличия отраженного сиг-

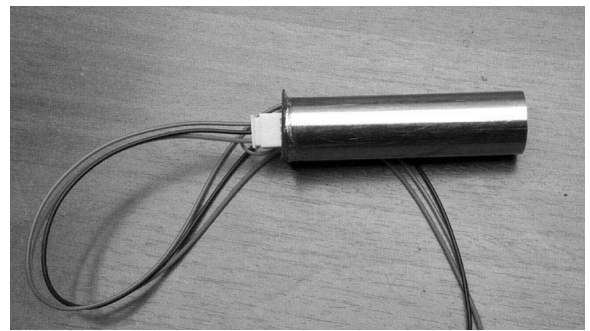


Рисунок 8. Тубус излучателя в сборе. Драйвер внутри.

нала. Каждый конструктор может самостоятельно разработать электронную часть локатора на основе собственного опыта, знаний, доступной элементной базы и назначения прибора.

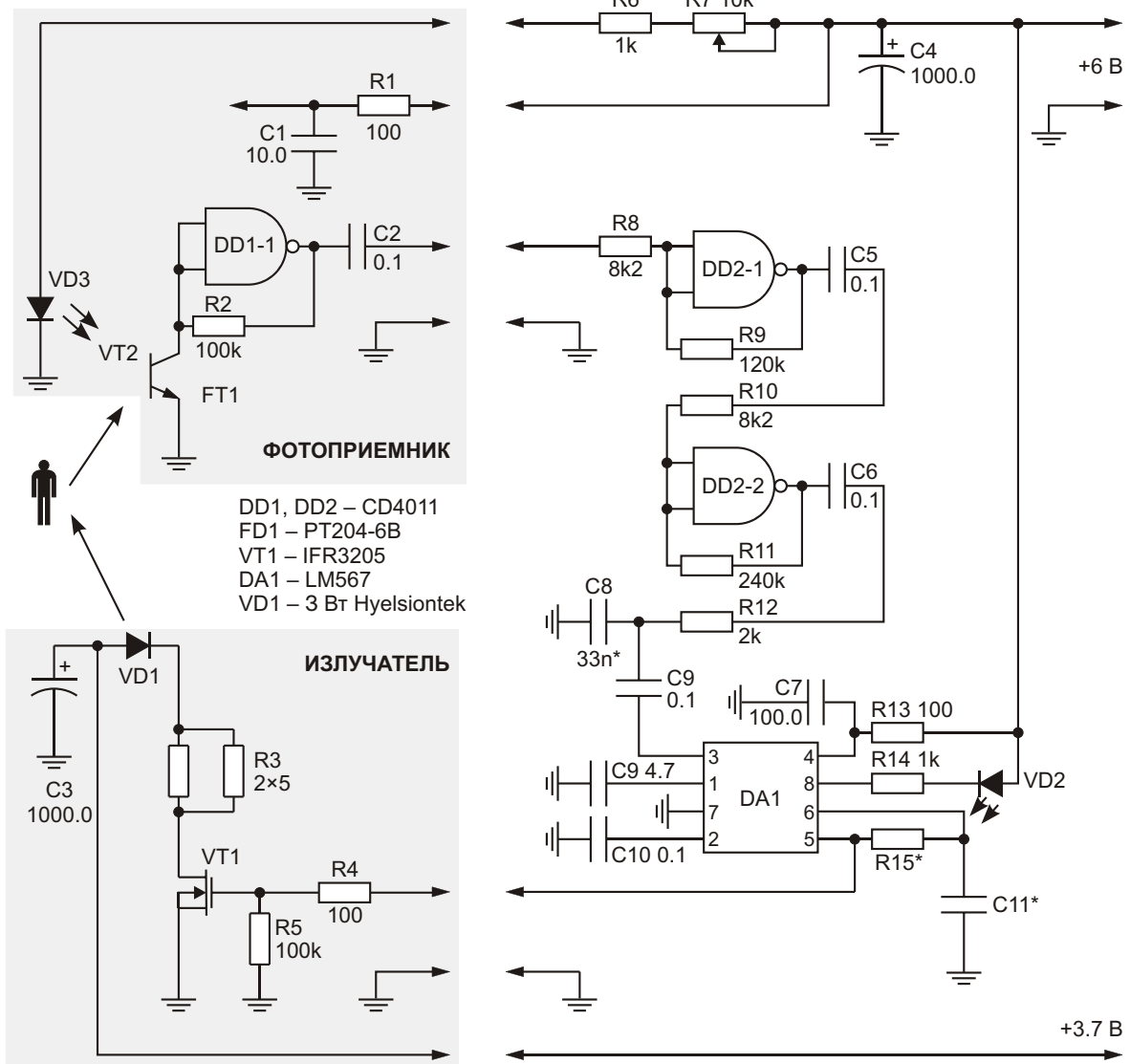


Рисунок 9. Принципиальная схема макета локатора по варианту 1.

В процессе исследований были испытаны различные комбинации объективов, излучателей и фотоприемников.

Комбинация первая

Объективы десятиградусные, с диаметром линзы 10 мм.

Фотоприемник – двухвыводной инфракрасный фототранзистор 940 нм.

В качестве излучателя используется инфракрасный трехваттный светодиод 940 нм, снабженный небольшим пластинчатым радиатором.

Предварительный усилитель трехкаскадный, выполнен на цифровой микросхеме CD4011, элементы которой работают в линейном режиме (Рисунок 9).

Анализатор выполнен на микросхеме LM567, работающей в штатном режиме.

Сигнал с частотой в районе 960 Гц вырабатывается генератором, входящим в состав микросхемы LM567 и усиливается по мощности полевым транзистором IRF3205. Схема требует продуманного и аккуратного монтажа, так как инверторы CD4011, работающие в линейном режиме, весьма склонны к самовозбуждению.

Питание предварительного усилителя и анализатора осуществляется от стабилизированного источника напряжения 6 В, получаемого от аккумуляторной батареи типоразмера «Крона»; питание усилителя излучателя осуществляется от аккумулятора 18650 емкостью 2 А·ч.

В качестве индикатора используется светодиод. Лазерный целеуказатель подключается через тумблер к аккумулятору передатчика.

Результаты полевых испытаний показывают, что изготовленный таким образом локатор уверенно обнаруживает человека ростом 160 см на расстоянии до 14 метров солнечным днем и до 16 метров в сумерках. Крупные препятствия, например стены, надежно обнаруживаются на расстоянии до 25 метров.

Видеоматериалы испытаний, проведенных днем и в сумерках, содержатся в файлах, которые можно скачать по ссылкам в конце статьи.

Чтобы ваш локатор с фототранзистором в качестве сенсора уверенно работал ночью, придется несколько переделать фотоприемник в соответствии с авторской статьей [2].

Если очень кратко, то суть идеи в следующем. При полном отсутствии внешнего освеще-

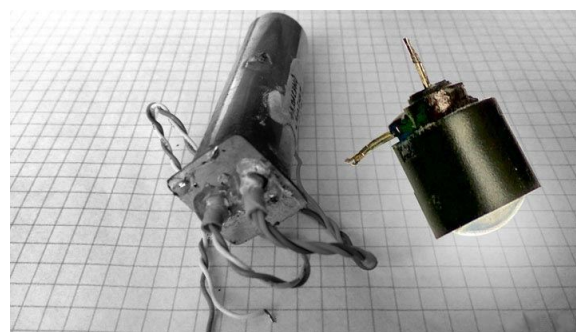


Рисунок 10. Тубус модифицированного фотоприемника и объектив с подсветкой сенсора.

щения чувствительность локатора существенно уменьшается, так как рабочая точка фототранзистора смещается в область отсечки. Для вывода рабочей точки на линейный участок характеристики используется подсветка сенсора слабым инфракрасным светом. Как показано в статье, ночная чувствительность сенсора при этом возрастает примерно в три раза. На схеме приведенной выше, элементы подсветки обозначены как VD3, R6 и R7.

На коллаже (Рисунок 10) слева – изображение тыльной стороны тубуса, содержащего объектив сенсора с подсветкой и предварительный усилитель, справа – изображение объектива, в который установлен сенсор с подсветкой.

По оси объектива – выводы фототранзистора, поперек оси – выводы светодиода подсветки.

Видны следы пайки и клея, поскольку фото было сделано после разборки Приемопередатчика по завершении эксперимента.

Комбинация вторая

Объективы трехградусные (по факту 4 градуса), с диаметром линзы 20 мм. Фотоприемник – микросхема TSOP4836 фирмы Vishay Intertechnologies.

Микросхема имеет прекрасные характеристики при прямом облучении на расстоянии до 24 м. Мы решили проверить, как поведет себя эта микросхема при приеме отраженного сигнала. Не надеясь на сравнимые результаты, мы использовали объективы с линзами диаметром 20 мм.

Принципиальная схема значительно упрощается за счет отсутствия аналоговой части (Рисунок 11).

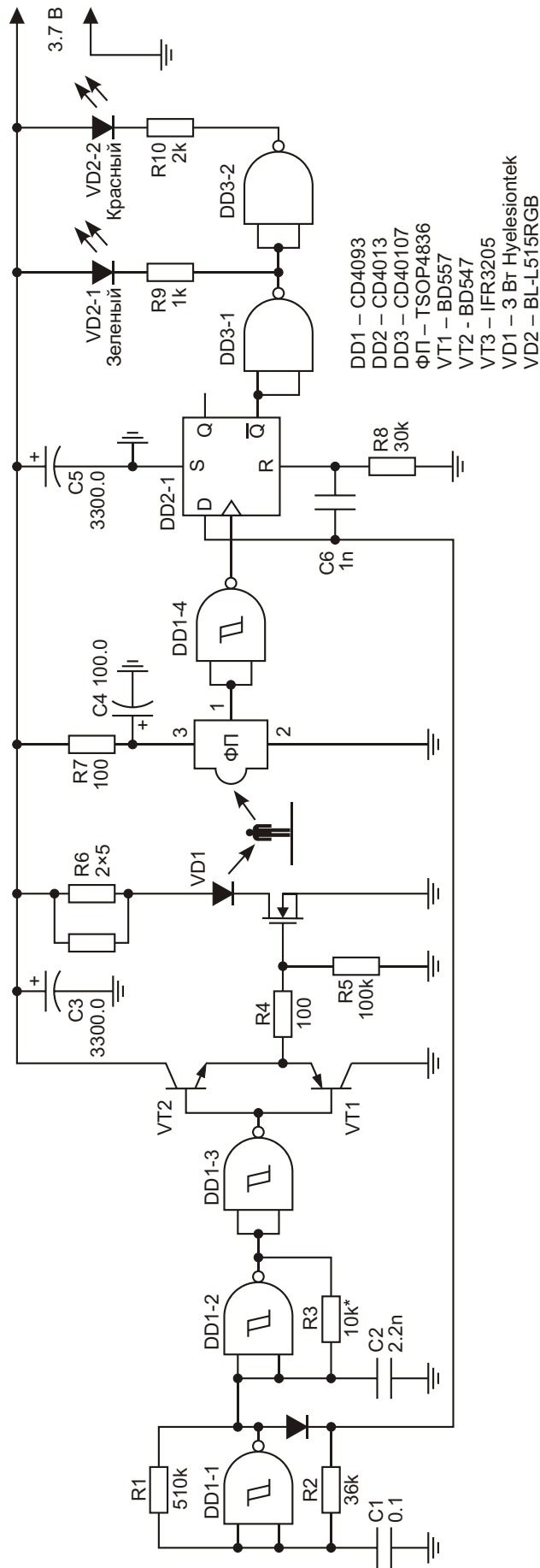


Рисунок 11. Принципиальная схема локатора на основе TSOP4836.

Задающий генератор на элементах DD1-1, DD1-2, DD1-3 формирует пакки импульсов частотой 36 кГц. Длительность пакки не критична и составляет 2-4 мс.

Пакка импульсов усиливается транзистором IFR3205, который, также как и в предыдущей конструкции, помещен в тубус излучателя вместе с токоограничивающим резистором и конденсатором фильтра.

Фотоприемник TSOP4836 также помещен в экранирующий тубус, что полностью исключает влияние внутренних и внешних электромагнитных помех.

На выходе фотоприемника формируется отрицательный импульс с длительностью, равной длительности пакки, который инвертируется элементом DD1-4 и подается на счетный вход D-триггера DD2-1.

На D-вход подается положительный импульс с длительностью, равной длительности пакки от задающего генератора. Передним фронтом этого импульса триггер сбрасывается в исходное положение. Поскольку импульс от фотоприемника запаздывает относительно сигнала, формируемого генератором, примерно на 30 мкс, это дает возможность стробировать передним фронтом этого импульса мастер-сигнал от задающего генератора.

Питается локатор от одного аккумулятора 1865.

Испытания макета локатора показали, что человек ростом 160 см уверенно обнаруживается на расстоянии 19.6 м, а уверенное обнаружение матовой плоскости размером 30 см × 180 см происходит на расстоянии 34.6 м.

Видеоматериалы испытаний можно скачать по ссылке в конце статьи.

Заключение

В первой части статьи рассмотрены некоторые вопросы конструирования инфракрасных локаторов и результаты испытаний экспериментальных образцов.

В статье подробно рассмотрена конструкция Приемопередатчика локатора, обеспечивающая параллельность оптических осей приемника и передатчика.

Современные технологии, в частности 3D-печать металлом, не только смогут обеспечить параллельность оптических осей, но и позволят создать эстетичные и технологичные конструкции.

Точно так же, приведенные электронные схемы могут быть заменены другими, выполненными с помощью специализированных малошумящих микросхем и микроконтроллеров. **РЛ**

Литература

1. Можаров Г. Геометрическая оптика. СПб. Издательство «Лань». 2017 г.
2. Левашов О. Д., Басков М. П. [Увеличение чувствительности фотоприемника на базе фототранзистора](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet BetLux BL-L515RGB-C-A](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD4011B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD4013B](#)
4. [Datasheet Texas Instruments CD4093B](#)
5. [Datasheet Texas Instruments CD40107B](#)
6. [Datasheet International Rectifier IFR3205](#)
7. [Datasheet Texas Instruments LM567C](#)
8. [Datasheet Vishay TSOP4836](#)

Загрузки



[1. Видеоматериалы испытаний оптического локатора \(день\)](#)



[2. Видеоматериалы испытаний оптического локатора \(сумерки\)](#)



[3. Результаты испытаний оптического локатора](#)



Продолжение темы в следующем номере

Управляемые оконные компараторы



Михаил Шустов, г. Томск

Приведены схемы аналогового и цифрового оконных компараторов с регулируемым положением окна и его ширины.

Оконные компараторы позволяют разделить входной сигнал произвольной формы по меньшей мере на сигналы низкого, среднего (оконного) и высокого уровней, что позволяет затем использовать эти сигналы для решения задач регулирования, автоподстройки, мониторинга источников питания, контроля

уровня входных сигналов, выделения данных или их отдельной передачи и т.п.

На Рисунке 1 приведена схема аналогового оконного компаратора с возможностью управления положением окна по шкале напряжений и регулировки ширины этого окна. Устройство выполнено на основе двух

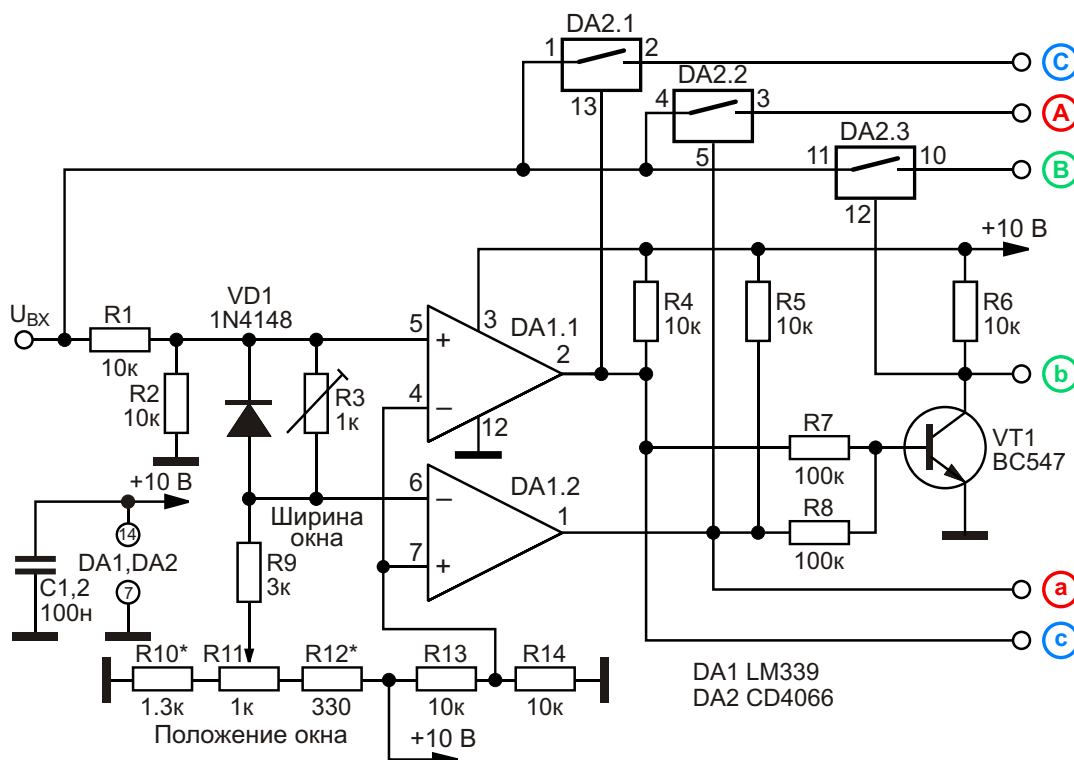


Рисунок 1. Схема аналогового оконного компаратора с регулируемым положением окна и его ширины, имеющего аналоговые и цифровые выходы.

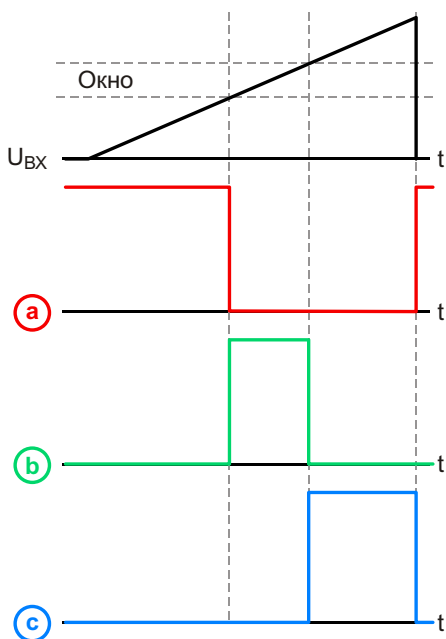


Рисунок 2. Динамика электрических процессов в различных точках аналогового оконного компаратора при подаче на его вход линейно нарастающего напряжения.

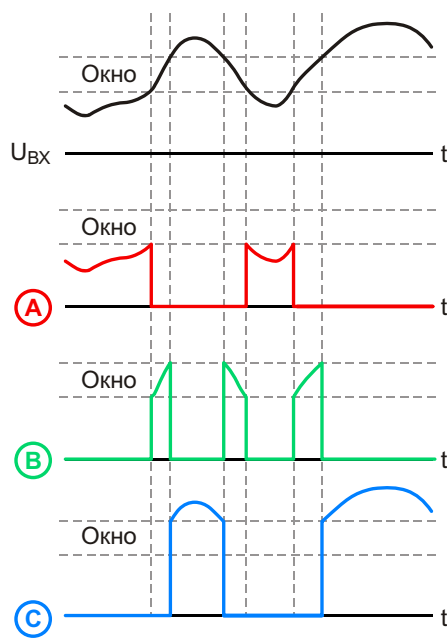


Рисунок 3. Динамика электрических процессов в различных точках аналогового оконного компаратора при подаче на его вход аналогового сигнала произвольной формы положительной полярности.

аналоговых компараторов DA1.1 и DA1.2 микросхемы LM339. Начальное смещение (положение окна) задается регулировкой потенциометра R11, а ширина окна от нуля и выше – подстроечным резистором R3. На входы сравнения компараторов через резистивный делитель напряжения R13, R14 подается напряжение $E/2$, где E – напряжение питания устройства.

При подаче на вход оконного компаратора сигнала произвольной формы положительной полярности напряжением до 10 В проис-

ходит сравнение уровней напряжений на его входах и переключение состояний компараторов с формированием на их выходах цифровых сигналов уровня логических единиц. Каскад на транзисторе VT1 BC547 предназначен для формирования сигнала логической единицы, отвечающего положению окна компаратора.

Особенностью компаратора является то, что с повышением положения начала окна его ширина уменьшается.

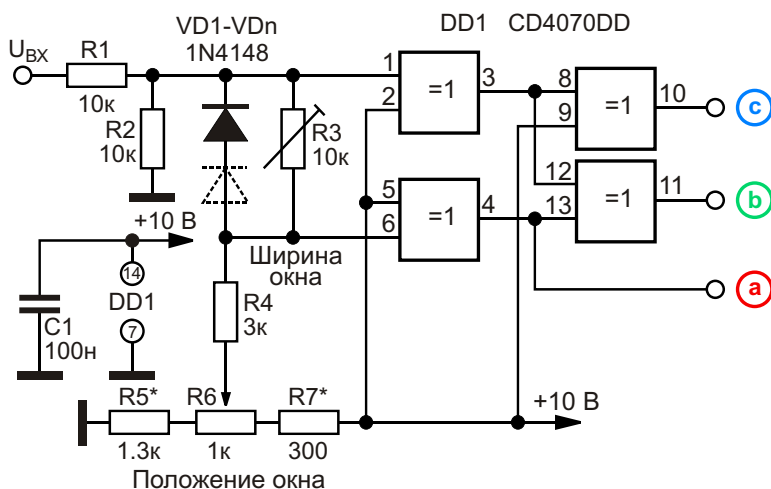


Рисунок 4. Схема цифрового оконного компаратора с регулируемым положением окна и его ширины.

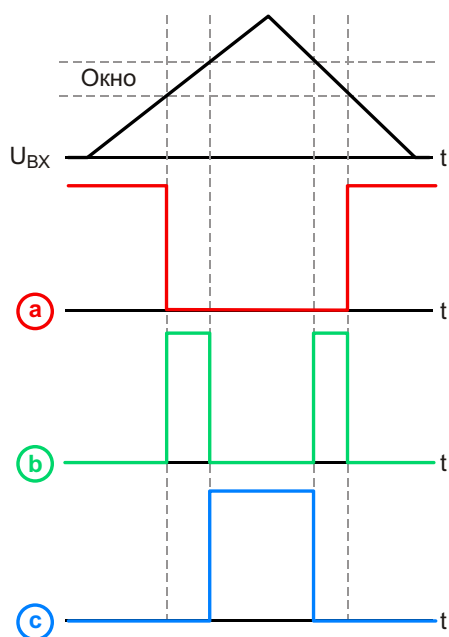


Рисунок 5. Динамика электрических процессов в различных точках цифрового оконного компаратора при подаче на его вход сигнала треугольной формы.

Устройство имеет цифровые (а, b, с) и аналоговые (А, В, С) выходы: а и А – положение низкого уровня; b и В – окна; с и С – высокого уровня.

На Рисунке 2 показаны диаграммы процессов, наблюдаемых на входе и цифровых выходах оконного компаратора, а на Рисунке 3 – диаграммы входных и выходных сигналов на его аналоговых выходах.

На Рисунке 4 приведена схема управляемого оконного компаратора, выполненного на цифровой микросхеме DD1 CD4070BD. Принцип его действия тот же, что и у ранее описанного устройства. Максимально возможную ширину окна можно ступенчато регулировать включением дополнительных диодов в цепочке VD1–VDn и плавно – подстроечным резистором R3. Компаратор имеет только цифровые выходы, хотя ничто не мешает расширить его возможности дополнением аналоговых каналов так, как это сделано в аналоговом компараторе, приведенном на Рисунке 1.

Динамика электрических процессов во входных и выходных цепях цифрового оконного компаратора при подаче на его вход сигнала треугольной формы показана на Рисунке 5. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM339-N](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD4066B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD4070B](#)

Полевой транзистор компенсирует искажения в повторителе

Dimitri Danyuk

Electronic Design

За долгие годы, прошедшие с момента изобретения повторителя, было предложено множество улучшений его схемы. «Белый» катодный повторитель удвоил выходной ток и сделал передаточную функцию более линейной [1]. Добавление усилительного каскада с

общей базой (токового повторителя) значительно улучшило коэффициент подавления пульсаций питания Белого повторителя [2].

Следующий шаг сделали инженеры корпорации Pioneer Electronic, применив идею Белого повторителя к паре последовательно

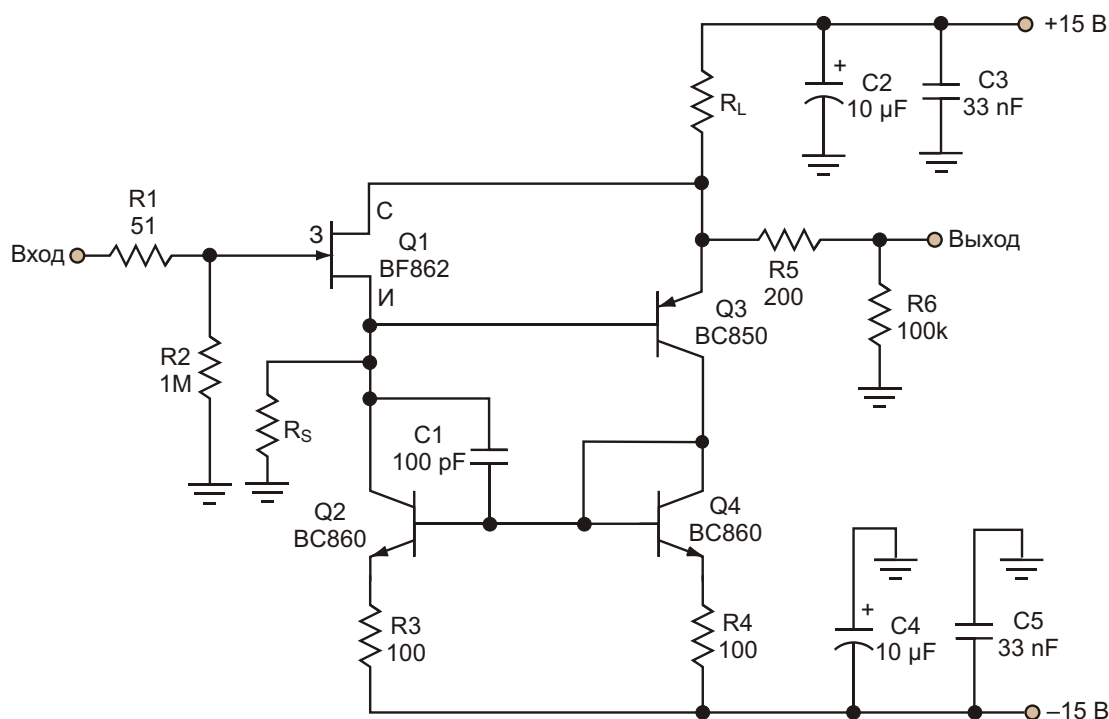


Рисунок 1. Повторитель на полевом транзисторе с управляющим переходом, дополненный токовым зеркалом на транзисторах Q2 и Q4, обеспечивает подавление искажений при надлежащем выборе сопротивления резистора R_S .

соединенных повторителей. Предпосылкой к созданию в Pioneer Electronic суперлинейной схемы (Super Linear Circuit – SLC) повторителя была идея сделать так, чтобы нелинейность передаточной функции первого транзистора компенсировалась противоположной нелинейностью включенного последовательно второго транзистора [3].

На Рисунке 1 представлено еще одно улучшение – повторитель на полевом транзисторе с компенсацией искажений. Напряжение истока транзистора Q1 воспроизводит входное напряжение, а затем управляет базой Q3. Оба транзистора Q1 и Q3 питают ток нагрузкой R_L . Благодаря действию токового зеркала (Q2-Q4) ток истока Q1 равен току коллектора Q3. Сумма тока истока транзистора Q1 и коллекторного тока транзистора Q4 равна:

$$\frac{V_{IN} - V_{GS} - V_{BE}}{R_L},$$

где

V_{IN} – входное напряжение,

V_{GS} – напряжение затвор-исток транзистора Q1,

V_{BE} – напряжение база-эмиттер транзистора Q3.

Поскольку проводимость транзистора Q3 конечна, его эмиттерный ток (или ток нагрузки) будет модулировать его напряжение база-эмиттер. Напряжение затвор-исток транзистора Q1 может модулироваться таким же образом путем добавления к SLC резистора

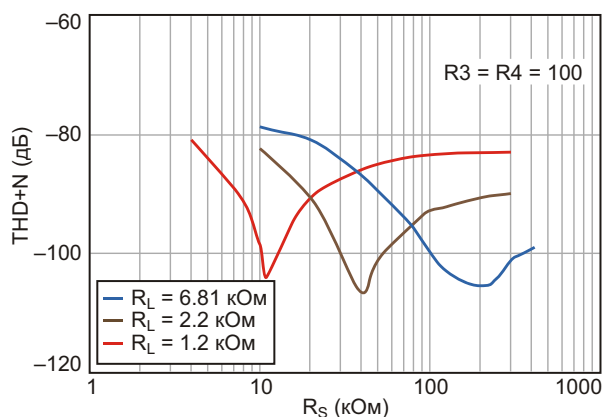


Рисунок 2. Для трех сопротивлений нагрузки, использованных в этих измерениях при входном сигнале 1 В с.к.з., уровень THD+N при оптимальном значении R_S остается ниже 103 дБ.

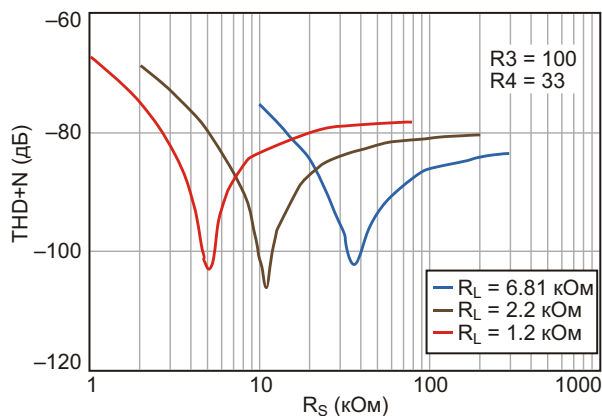


Рисунок 3. При изменении отношения R3/R4 требуемое оптимальное сопротивление резистора R_S также меняется.

R_S . При определенном значении R_S модуляция V_{BE} будет компенсирована такой же модуляцией V_{GS} . Подобный механизм подавления искажений действует в усилительном каскаде на одном полевом транзисторе с общим истоком [4].

На Рисунке 2 показаны результаты измерений в этой схеме общих гармонических искажений плюс шума (THD+N) для трех значений R_L при изменении R_S . Улучшение довольно значительное: для сигнала 1 В с.к.з. искажения составляют менее 103 дБ.

Еще один способ управления состоянием баланса схемы – изменение коэффициента передачи токового зеркала. Рисунок 3 демонстрирует, как смещается кривая зависимости THD+N от R_S при различных отношениях R3/R4. В этом случае ток истока Q1 является частью тока эмиттера Q3. Это может быть полезным, когда ток покоя транзистора Q1 определяется, исходя из других соображений, например, для улучшения шумовых характеристик.

Из-за регенеративной обратной связи емкость в нагрузке эмиттера Q3 приведет к возникновению высокочастотных пиков внутри контура. Поэтому емкостная нагрузка изолирована резистором R5, и, кроме того, может потребоваться какая-то частотная коррекция (C1). Резистор R6 сопротивлением 100 кОм представляет входное сопротивление системы.

Линейная зависимость между падением напряжения на R_L и входным напряжением означает, что зависимость выходного тока от

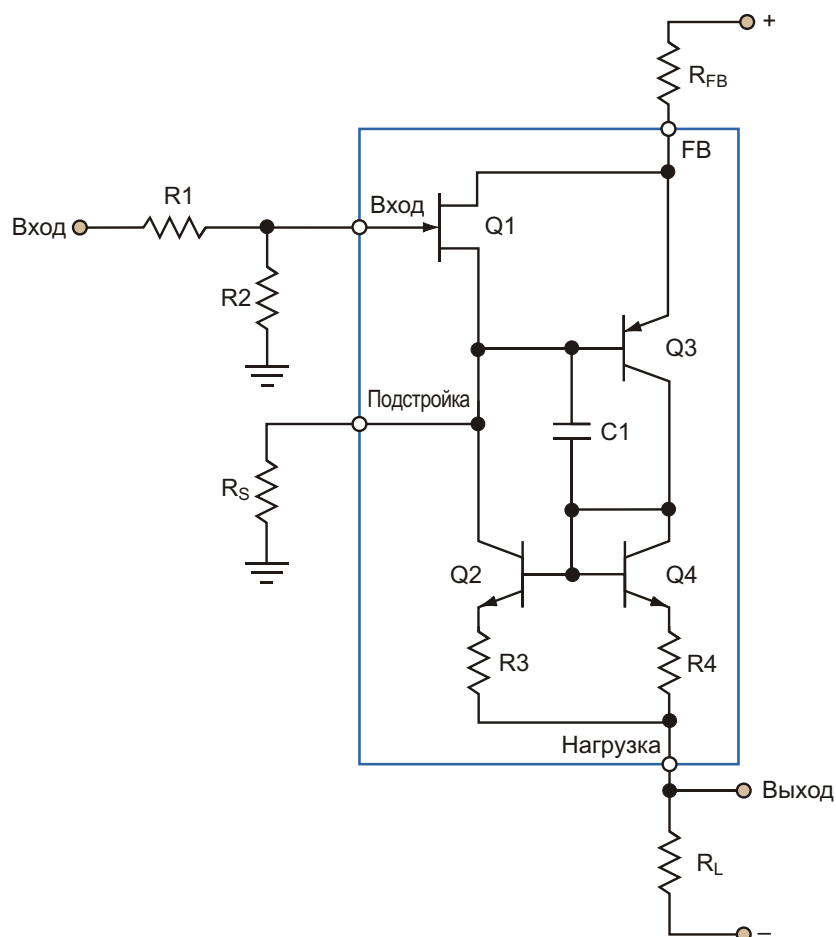


Рисунок 4. Линейная зависимость между выходным током и входным сигналом позволяет преобразовать схему так, чтобы она имела вид усилителя с линейной передаточной функцией.

входного сигнала также линейна. Поэтому схема Рисунка 1 может быть преобразована к виду усилителя с линейной передаточной функцией (Рисунок 4). [РЛ](#)

Ссылки

1. White, E.L.C., "Thermionic Valve Amplifier Circuit Arrangements," U.S. patent 2358428, Sept. 19, 1944.
2. Taylor, P.L., "Audio Power Amplifier," Wireless World, June 1973, p. 301.

3. Ozawa, O., and Ishikawa, K., "Super Linear Circuit," 60th AES Convention, May 1980, Preprint No. 1660, pp 1-38.
4. Designing With Field-Effect Transistors, ed. by A.D. Evans, McGraw-Hill, New York, 1981, Ch. 3-11, "Distortion in FET Amplifiers."

Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor BC850](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor BC860](#)
3. [Datasheet NXP BF862](#)

Электронный редуктор или как кардинально увеличить крутящий момент коллекторного двигателя переменного тока на низких оборотах



Часть 1

Алексей Кузьминов, Москва

В статье приведены принципиальные схемы, разводка плат и фотографии устройств регуляторов-стабилизаторов скорости вращения мини дрелей на базе микросхем U2010B/U2008B. Стабилизация скорости вращения коллекторных двигателей переменного тока, примененных в этих дрелях, дала возможность в разы увеличить их крутящий момент, что позволило существенно расширить сферу применения подобных дрелей и использовать их в таких режимах работы, которые ранее были для них недоступны (сверление отверстий, распиловка, заточка). Показаны примеры применения сконструированных устройств совместно с мини дрелями.

Введение

Коллекторные двигатели постоянного и переменного тока, как известно, обладают одним общим свойством: при увеличении напряжения, подаваемого на такие двигатели, увеличиваются их скорость и крутящий момент. Причем, на холостом ходу, то есть без нагрузки на вал, или, другими словами, при нулевом тормозном моменте, скорость вращения таких двигателей (а особенно двигателей переменного тока) может достигать достаточно высоких значений – до десятков



тысяч об/мин. В то же время при сверлении отверстий, например, электродрелью от двигателя требуется повышенный крутящий

момент, который тем больше, чем толще сверло. При этом для более точного позиционирования сверла и, особенно, для приемлемого режима сверления скорость вращения должна быть достаточно низкой (несколько сот об/мин). В связи с этим в электродрели устанавливают механический редуктор, снижающий скорость вращения вала и одновременно увеличивающий его крутящий момент в десятки и даже в сотни раз (особенно в дрелях-шуруповертах). Если же двигатель используется в инструментах для заточки (например, сверл) или резки каких-либо материалов (например, в циркулярной пиле), то есть на его валу установлен абразивный точильный или отрезной круг, то сверхвысокая скорость вращения двигателя на холостых оборотах (например, 30000 об/мин) может привести к разрушению таких кругов (они могут просто разлететься на куски, что уже травмоопасно). В связи с этим, при эксплуатации подобных кругов для них указывается максимальная скорость их вращения. Однако если снизить скорость вращения двигателя до приемлемого уровня путем подачи на двигатель пониженного напряжения, то одновременно снизится и крутящий момент. А поскольку тормозной момент круга часто на порядок больше аналогичного момента сверла, так как их диаметры могут отличаться на порядок, то при низкой скорости вращения и, соответственно, малом крутящем моменте при достаточном тормозном моменте такой круг может просто остановиться. В связи с этим в подобных устройствах, так же как и в электродрелях, может понадобиться установка механического редуктора.

Механический редуктор, устанавливаемый, например, в электродрели, как известно, представляет собой устройство, состоящее из нескольких стальных шестерен, укрепленных на осях с подшипниками. Поскольку редуктор имеет некоторые габариты и вес, естественно, габариты и вес таких дрелей несколько увеличены (до 2 кг и более), но при ручном сверлении отверстий это не представляет особой проблемы. Однако если для более прецизионных сверловочных работ используется стойка для дрели, то установка подобной дрели с редуктором в такую стойку уже представляет некоторую проблему. В основном это связано с относительно большими габаритами и весом подобных дрелей и, кроме того, их рукоятка существенно мешает работе. Здесь вне конкуренции более лег-

кая (не более 1 кг) и компактная так называемая мини дрель (её ещё называют прямой шлифовальной машиной, гравером и т.п.). Такое устройство представляет собой просто коллекторный электродвигатель (постоянного или переменного тока) без редуктора (и без рукоятки), на валу которого укреплен патрон для зажатия сверл (или иных насадок, например, отрезных или точильных абразивных дисков). В стойке для дрели подобное устройство закрепляется специальным зажимом (хомутом).

В то же время, как уже упоминалось, сверхвысокие скорости вращения электродвигателей подобных устройств на холостом ходу и низкий крутящий момент на малых и средних скоростях при сверлении отверстий, при разрезке (циркулярная пила) или заточке (точило), не позволяют их использовать в таких режимах работы. Однако эту проблему можно решить более простым и эффективным электронным способом.

Этот способ заключается в стабилизации скорости вращения вала электродвигателя вне зависимости от тормозного момента, или, другими словами, при увеличении тормозного момента на двигатель подается большая мощность, отчего соответственно увеличивается крутящий момент, и установленная скорость вращения вала остается прежней (или, по крайней мере, к ней стремится).

Электронный стабилизатор скорости вращения коллекторных электродвигателей представляет собой устройство, имеющее несложную электронную схему, основу работы которой составляют электрические эффекты, возникающие в электродвигателях при торможении их вала. Что это за эффекты?

Если, например, в электродвигателе постоянного тока попытаться затормозить вал, то возникнет так называемая противо-ЭДС – дополнительное напряжение определенной формы, которое можно использовать для увеличения мощности, подаваемой на двигатель. В работе автора [1] показано, что если питать подобный двигатель выпрямленным напряжением 12 – 18 В частотой 50 Гц (то есть, пульсирующим с частотой 100 Гц), и использовать для подачи на двигатель часть этого напряжения с помощью тиристора, на управляющий электрод (УЭ) которого подавать импульсы для его открытия в определенное время, зависящее от противо-ЭДС, то таким способом можно решить подобную

задачу, или, другими словами, стабилизировать скорость вращения двигателя. В схеме [1] входное напряжение подается на двигатель через тиристор, а простейшая RC-цепочка подключена к аноду и катоду тиристора. Напряжение, снятое с конденсатора C, подается на базу pnp-транзистора, коллектор которого подключен к аноду тиристора, а эмиттер – к УЭ тиристора. При торможении вала двигателя возникает противо-ЭДС, которая с помощью транзистора включает тиристор раньше, вследствие чего на двигатель подается бóльшая площадь полусинусоиды (выпрямленного напряжения), отчего крутящий момент увеличивается, и, таким образом, скорость вращения вала остается прежней, то есть той, которая изначально была установлена.

Но коллекторный двигатель переменного тока (его еще называют универсальным, поскольку он может работать и от напряжения постоянного тока), используемый в мини дрелях, работающих от сетевого напряжения ~220 В, устроен иначе, чем двигатель постоянного тока. Основное отличие этих двигателей – устройство статора. Если в двигателях постоянного тока магнитное поле статора, как правило, постоянно, поскольку статор представляет собой постоянный магнит кольцевой формы, то в двигателях переменного тока статор (как и ротор) является электромагнитом. Часто в таких двигателях в качестве статора используются два электромагнита, обмотки которых подключены последовательно с обмотками ротора (с помощью щеток), или, другими словами, сетевое напряжение подается на одни концы обмоток, а вторые их концы подключены к щеткам (коллектору) ротора. Направление обмоток статора и ротора выбрано таким образом, что при любой полуволне переменного напряжения магнитное поле заставляет вращаться ротор в одну и ту же сторону. Кстати, если поменять направление обмоток статора, то вал будет вращаться в обратную сторону. Это свойство используется в дрелях и шуруповертах для так называемого реверса – переключения направления вращения в обратную сторону. В такой конфигурации двигателя при его торможении, к сожалению, противо-ЭДС не возникает (или возникает, но очень слабая). Поэтому все попытки автора применить к такому двигателю схему, описанную в [1], ни к чему не привели.

К счастью, для стабилизации скорости вращения подобных двигателей, работающих от сетевого напряжения ~220 В, в свое время немецкой компанией Telefunken (Temic Semiconductors) была разработана специализированная микросхема U2010B и ее несколько упрощенный вариант U2008B. Впоследствии эти микросхемы выпускались компанией Atmel, которая больше известна как разработчик микроконтроллеров. Микросхемы U2008B/U2010B используют иной эффект коллекторных двигателей переменного тока, возникающий при торможении их вала. Этот эффект состоит в том, что при торможении вала ток через двигатель увеличивается. Если этот ток пропустить через токоизмерительный резистор достаточно малого номинала (десятые доли Ома), измерить напряжение на этом резисторе и, в зависимости от этого напряжения, открывать симистор раньше или позже, то таким способом можно достаточно просто стабилизировать скорость вращения двигателя. Фактически на этих микросхемах организован хорошо известный из теории автоматического управления (ТАУ) так называемый ПИД-регулятор (Пропорционально-Интегрально-Дифференциальный регулятор) – устройство в цепи обратной связи, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. Такой ПИД-регулятор обладает одним неприятным свойством (впрочем, присущим всем ПИД-регуляторам) – так называемым перерегулированием, проявляющимся в том, что при торможении вала двигателя его скорость может не только оставаться прежней (как на холостом ходу), но даже увеличиваться (и очень существенно). Кроме того, она может и осциллировать с небольшой частотой. Все зависит от соответствующей настройки. Сами микросхемы U2008B/U2010B достаточно распространены, недороги, и в Интернете можно найти массу схем стабилизаторов скорости вращения двигателей переменного тока на базе этих микросхем. Однако все подобные схемы в качестве исходных используют базовые схемы, приведенные в справочных листках на микросхемы U2008B/ U2010B, и, кроме того, сконструированы (схемы) на устаревшей элементной базе. Здесь необходимо особо подчеркнуть, что сами по себе схемы хорошо известны, и главное заключается не в самих схемах, а в номиналах и типах компонентов в них входящих, а также в их настрой-

ке. В связи с изложенным автором разработаны конкретные устройства на базе этих схем, которые показали достаточно удовлетворительную работу. Описание таких устройств и их настройка с конкретными двигателями переменного тока и является предметом настоящей статьи.

Таким образом, дальнейшее изложение будет построено следующим образом. Вначале будут рассмотрены принципиальные схемы устройств – стабилизаторов скорости вращения электродвигателей на базе микросхем U2008B/U2010B, описан принцип их работы и настройка. Затем будут приведены разводка плат, их фотографии, а также фотографии самих устройств. Далее будут показаны примеры применения этих устройств с конкретными двигателями, а именно: с двигателем, установленным в стойку для дрели, и с двигателем, на базе которого сконструирована небольшая циркулярная пила и точильный станок (последние две опции объединены в одном общем устройстве).

Предварительные замечания о некоторых механических и электрических характеристиках электродвигателей

Как известно, крутящий момент двигателя, рассматриваемого в настоящей статье, в зависимости от частоты его вращения нелинеен. Он имеет два максимума: один – при нулевой частоте, то есть при полностью заторможенном двигателе, второй – при относительно высоких частотах, приближающихся к максимальной. Наиболее интересен диапазон низких частот вплоть до нулевой (особенно в режимах сверления), а диапазон высоких частот, как в режимах резки (циркулярная пила), заточки (точило), так и в режимах сверления в свете настоящей статьи интереса не представляет, поэтому далее не рассматривается.

Кроме того, крутящий момент, M , пропорционален квадрату тока, I , протекающего через двигатель, то есть $M = kI^2$, где k – коэффициент пропорциональности. Этот факт также хорошо известен и будет использован при дальнейшем изложении.

В качестве «подопытных кроликов» для проверки работоспособности устройств на базе микросхем U2008B/U2010B были выбраны две мини дрели: «TUNGFULL

1806B» и «SKRAB 56000». Это две недорогие мини дрели не имеют редуктора и рукоятки; кроме того, они относительно легки (не более 1 кг). По своим параметрам эти мини дрели, на взгляд автора, как нельзя лучше подходят для использования в устройствах стабилизаторов скорости вращения на базе микросхем U2008B/U2010B.

В паспорте на мини дрель, как правило, указывается её рабочее напряжение питания, мощность, а также скорость вращения (или ее диапазон, если она оборудована электронным переключателем скорости) на холостом ходу. Например, у двигателя мини дрели «SKRAB 56000» напряжение составляет 220 В, мощность 480 Вт, скорость 8000-30000 об/мин (он оборудован переключателем скоростей на базе простейшей схемы на симисторе). У двигателя мини дрели «TUNGFULL 1806B» при том же напряжении питания мощность составляет 260 Вт, а скорость вращения 27600 об/мин.

Поскольку, как указывалось во введении, микросхемы U2008B/U2010B в качестве одного из параметров, влияющих на регулирование скорости вращения, используют ток, протекающий через двигатель, имеет смысл более подробно рассмотреть диапазон токов вышеуказанных мини дрелей.

Наибольший ток (см. выше) имеет двигатель в полностью заторможенном состоянии. Как определить этот ток, и как он связан с паспортной мощностью мини дрели? Для этого автором был проведен несложный эксперимент, сводящийся к следующему.

С помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) на дрель подавалось переменное напряжение, измеряемое стрелочным тестером; одновременно измерялся и ток (также переменный, то есть в режиме АС) с помощью цифрового тестера. Вначале напряжение устанавливалось достаточно низким (40–50 В), чтобы вал можно было легко затормозить, а затем напряжение быстро увеличивалось до 220 В, и при заторможенном вале, удерживаемом не более 1–2 секунд, снималось показание тока. Эксперимент показал следующее. При полностью заторможенном двигателе и напряжении 220 В ток двигателя дрели «TUNGFULL 1806B» составил около 3 А, а ток двигателя дрели «SKRAB 56000» составил около 2.8 А. Нетрудно подсчитать, что мощность, W , дрели «TUNGFULL 1806B» соста-

вила: $W = 3 \text{ A} \times 220 \text{ В} = 660 \text{ Вт}$ (против паспортной 260 Вт), а мощность дрели «SKRAB 56000»: $W = 2.8 \text{ A} \times 220 \text{ В} = 616 \text{ Вт}$ (против паспортной 480 Вт). Как видно из этого эксперимента, мощности дрелей при полностью заторможенном двигателе существенно превышают паспортные.

Автор задался вопросом: а при каких напряжениях питания мощности заторможенных двигателей дрелей соответствуют паспортным? Это было выяснено путем подачи разных напряжений (ниже 220 В) и одновременного измерения тока.

Вот результат. У дрели «TUNGFULL 1806В» при напряжении питания 138 В ток составил 1.88 А, а мощность: $138 \text{ В} \times 1.88 \text{ А} = 259.4 \text{ Вт}$ (260 Вт). У дрели «SKRAB 56000»

при напряжении 190 В ток составил около 2.5 А, а мощность: $190 \text{ В} \times 2.5 \text{ А} = 475 \text{ Вт}$ (480 Вт). Вот эти значения токов и напряжений (1.88 А и 138 В для дрели «TUNGFULL 1806В» и 2.5 А и 190 В для дрели «SKRAB 56000») и были использованы в дальнейшем при расчете номиналов токоизмерительных резисторов, о которых упоминалось выше.

Теперь после этих предварительных пояснений перейдем к принципиальным схемам устройств. **РЛ**

Литература

1. Кузьминов А. Тиристорный регулятор скорости вращения коллекторных двигателей постоянного тока. Современная электроника. № 2. 2013.

Продолжение в следующем номере

Использование ТОВОГО ЗЕРКАЛА для управления источником питания

Giovanni Romeo

EDN

Управление источником питания может потребоваться во многих приложениях, таких как зарядные устройства, контроллеры солнечных энергоустановок и т. д. Промышленность предлагает большое количество готовых интегральных источников питания, в которых, к сожалению, не предусмотрена возможность простого управления выходом. Как правило, источник питания схематично может быть представлен мощным операционным усилителем, к неинвертирующему входу которого подключен источник опорного напряжения (в зеленом прямоугольнике на Рисунке 1).

Чаще всего, в микросхемах источников питания (таких, например, как выпускаемые TI приборы семейства Simple Switcher) единственный подходящий для изменения V_{OUT} вывод, к которому имеется внешний доступ – это инвертирующий вход, управляющий

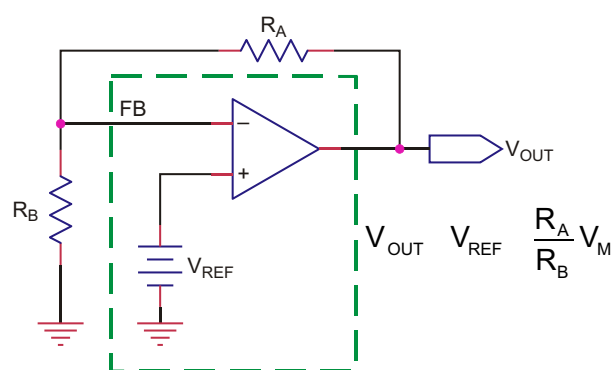


Рисунок 1. Это схема источника питания, стабилизированного обратной связью.

обратной связью (FB на Рисунке 1). Очень простой метод управления FB – это замена R_B на управляемый источник тока, а самый удобный и дешевый способ сделать это – использовать токовое зеркало (Рисунок 2).

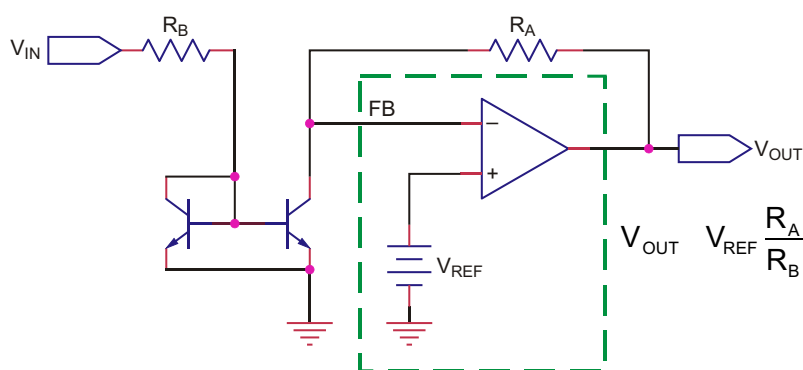


Рисунок 2. В этом источнике питания, управляемом напряжением, используется токовое зеркало.

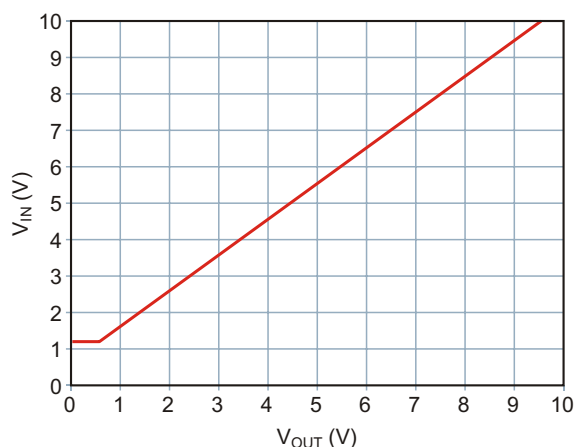


Рисунок 3. На этой диаграмме показано поведение смоделированной в PSpice схемы на Рисунке 2.

Точность, которую вы получаете от этой конструкции, связана с точностью токового зеркала, которое вы будете использовать. Если вы решите выбрать классическую двухтранзисторную схему Видлара, важно применять в ней согласованные пары, специально созданные для таких целей, например, BCV61. Такие компоненты легко использовать и в более эффективном токовом зеркале Уилсона с четырьмя транзисторами. Токое зеркало начинает работать только тогда, когда напряжение V_{IN} превышает открывающее напряжение база-эмиттер транзисторов зеркала, поэтому на начальном участке наблюдается нелинейность. Все это не создает особых ограничений, если предлагаемая схема является частью контура регулирования, где ошибки компенсируются магией обратной связи.

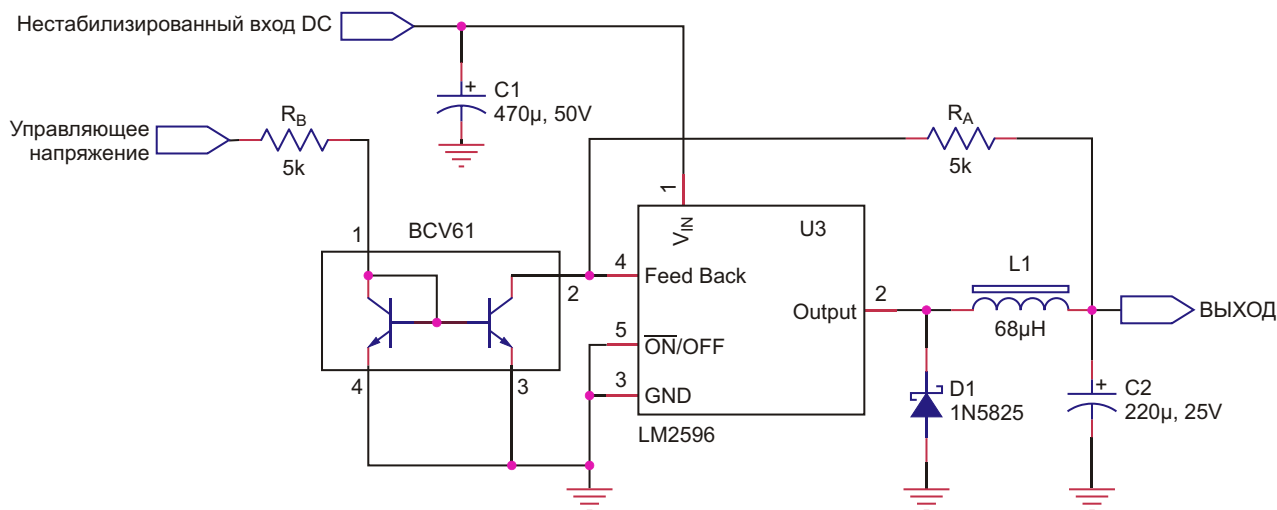


Рисунок 4. Вот «разработанное для работы» приложение принципа на Рисунке 2.

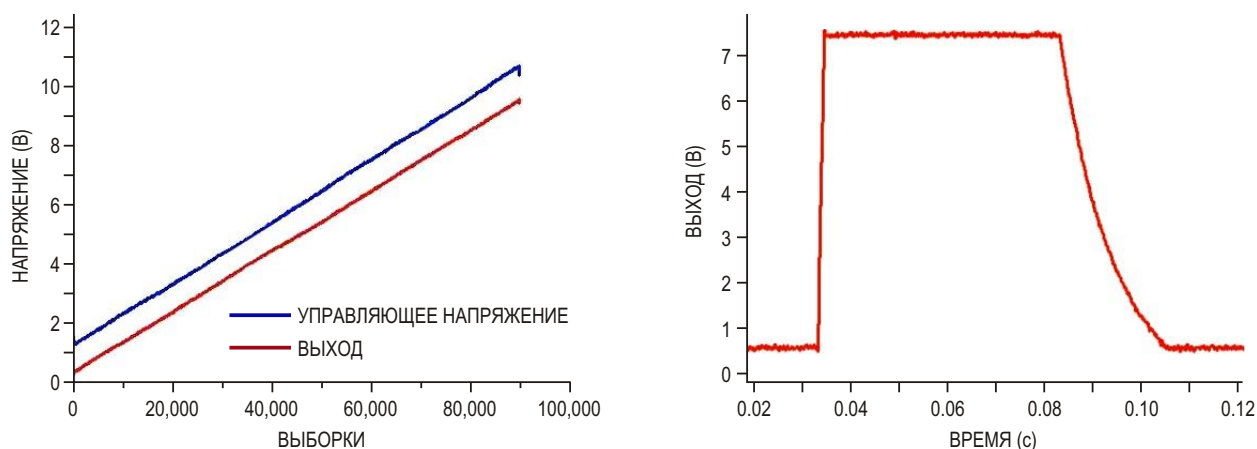


Рисунок 5. Результаты тестирования схемы на Рисунке 4. Слева синяя осциллограмма представляет управляющее напряжение, а красная – выходной сигнал. Справа отклик на прямоугольный импульс показывает, что время нарастания составляет 1 мс, а емкость выходного конденсатора и сопротивление нагрузки обуславливают медленный спад.

График на Рисунке 3 иллюстрирует поведение смоделированной в PSpice схемы на Рисунке 2 при $V_{REF} = 1.2 \text{ В}$, когда V_{IN} изменяется в диапазоне от 0 до 10 В.

Прямая реализация принципа, изображенного на Рисунке 2, показана на Рисунке 4. Здесь хорошо известный импульсный преобразователь LM2596 управляется стандартным токовым зеркалом BCV61.

Прототип схемы на Рисунке 4 был испытан на линейность с использованием подключенного нестабилизированного источника постоянного напряжения 22 В и генератора пилообразных сигналов с размахом 0-10 В на частоте 5 Гц. Выборки выходного сигнала (при сопротивлении нагрузки 50 Ом) выполнялись

с помощью осциллографа. Для проверки времени отклика использовался генератор импульсов (0-8 В, 0.5 с).

Результаты иллюстрируются графиками на Рисунке 5. Схема обеспечивает хорошую линейность (слева) и вполне быстрый отклик на скачок напряжения (примерно 1 мс для достижения заданного уровня). Время спада определяется емкостью выходного конденсатора (220 мкФ) и нагрузкой (50 Ом во время теста). **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet NXP BCV61](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LM2596](#)

Сверхмалошумящий линейный регулятор отрицательного напряжения со сверхвысоким коэффициентом подавления пульсаций питания

Molly Zhu, Analog Devices

Design Note

Линейные регуляторы с низким падением напряжения (LDO) на протяжении десятилетий широко используются в приложениях, чувствительных к помехам. Однако новейшие прецизионные датчики, быстродействующие преобразователи данных высокого разрешения (АЦП и ЦАП) и синтезаторы частот (ФАПЧ/ГУН) стали ужесточать требования к шумам, и обычные LDO стабилизаторы уже не могут обеспечить сверхнизкий выходной шум и сверхвысокий коэффициент подавления пульсаций питания (PSRR). Например, при питании датчиков

шумы источника напрямую влияют на точность результатов измерений. Импульсные регуляторы часто используются в системах распределения электроэнергии для достижения более высокого общего КПД системы. Для создания малошумящего источника питания после относительно шумного импульсного преобразователя обычно включают LDO регуляторы, не используя громоздкие выходные фильтрующие конденсаторы. В таких схемах преобладающей по важности характеристикой становится PSRR на высоких частотах.

Таблица 1. Сравнение LT3094 с малошумящими LDO регуляторами

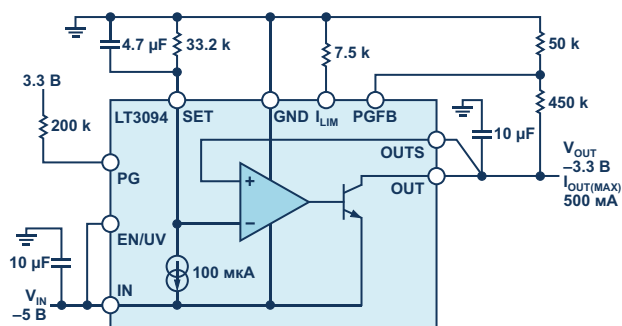
	LT3015	LT3090	LT3042	LT3045-1	LT3094
Положительный/отрицательный выход	Отрицательный	Отрицательный	Положительный	Положительный	Отрицательный
Выходной ток (А)	1.5	0.6	0.2	0.5	0.5
Выходные шумы (в полосе 10 Гц ... 100 кГц) (мкВ)	60	18	0.8	0.8	0.8
Точечный шум на частоте 10 кГц (нВ/ Гц)	240	57	2	2	2
PSRR на частоте 1 МГц (дБ)	30	20	79	76	74
Программируемое ограничение тока					
Программируемый выход «Питание в норме»					
VIOS					
Прямое параллельное включение					
Возможность быстрого запуска					

Микросхема LT3042, впервые представленная в 2015 году, является первым в отрасли линейным стабилизатором с выходным шумом всего 0.8 мкВ с.к.з. и PSRR, равным 79 дБ на частоте 1 МГц. Два похожих устройства, LT3045 и LT3045-1, отличаются расширенной областью допустимых режимов и наличием дополнительных функций. Все эти устройства являются LDO регуляторами положительного напряжения. Когда в системе имеются биполярные приборы, такие как операционные усилители или АЦП, в источнике питания должен использоваться LDO регулятор отрицательного напряжения. В Таблице 1 перечислены основные особенности LT3094 и аналогичных по функциям устройств.

Типичное применение

LT3094 содержит прецизионный источник опорного тока, к выходу которого подключен высококачественный буфер. Отрицательное выходное напряжение устанавливается током $-100 \mu\text{A}$ точного опорного источника, протекающим через единственный резистор. Архитектура с токовым управлением обеспечивает широкий диапазон выходных напряжений (от 0 В до -19.5 В) и практически постоянные значения выходного шума, PSRR и коэффициента стабилизации, независимые от запрограммированного выходного напряжения. На Рисунке 1 показана типичная схема приложения, а на Рисунке 2 изображена демонстрационная плата. Общие размеры решения составляют всего около 10 мм \times 10 мм.

LT3094 отличается ультранизким выходным шумом, составляющим 0.8 мкВ с.к.з. в полосе от 10 Гц до 100 кГц, и ультравысоким PSRR, равным 74 дБ на частоте 1 МГц. Кроме того, LT3094 имеет программируемый порог



Вывод, неиспользуемый в этой схеме: VIOC

Рисунок 1. Решение для напряжения -3.3 В с низким выходным шумом.



Рисунок 2. Демонстрационная схема крошечного решения для напряжения -3.3 В .

ограничения тока, программируемый порог включения сигнала «Питание в норме», цепь быстрого запуска и функцию VIOC (Voltage for Input-to-Output Control – управление напряжением вход-выход). Если LT3094 используется в качестве пострегулятора выходного напряжения импульсного преобразователя, функция VIOC поддерживает напряжение на LDO стабилизаторе постоянным, если выходное напряжение LDO изменяется.

От повреждения LT3094 предохраняют внутренние элементы, в том числе схема прогрессирующего ограничения тока, и цепи защиты от перегрева, обратного тока и обратного напряжения.

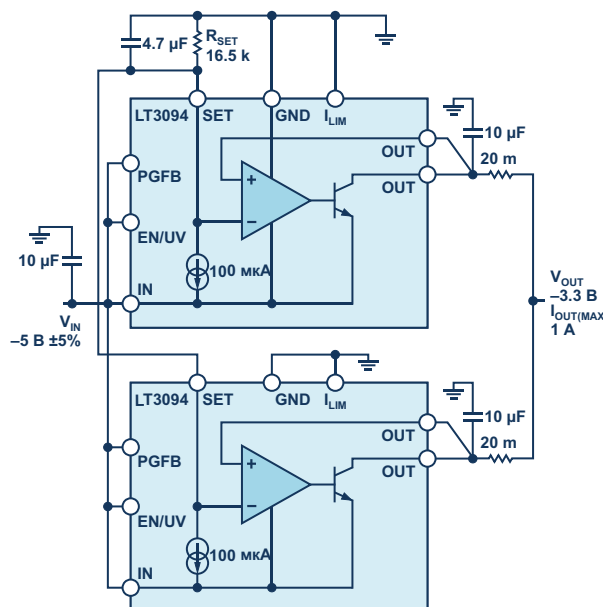


Рисунок 3. Схема параллельного соединения двух LT3094.

Прямое параллельное соединение для увеличения выходного тока

LT3094 легко включаются параллельно для увеличения выходного тока. Решение, позволяющее достичь выходного тока 1 А параллельным соединением двух LT3094, показано на Рисунке 3. Для параллельного включения выводы SET соединяются вместе, и между общим выводом SET и землей включается резистор R_{SET} . Ток, проходящий через резистор R_{SET} , равен 200 мкА – удвоенному току выводов SET каждого устройства. Для симметричного распределения тока на каждом выходе LT3094 добавлен балластный резистор с небольшим сопротивлением 20 мОм.

На Рисунке 4 изображен тепловой портрет схемы из Рисунка 3, работающей при входном напряжении -5 В, выходном напряжении -3.3 В и токе нагрузки 1 А. Температура каждого компонента поднимается примерно до 50 °С, что свидетельствует о равномерном распределении тепла. Ограничений на количество устройств, которые могут быть подключены параллельно, не существует, ни с точки зрения величины выходного тока, ни с точки зрения выходных шумов.

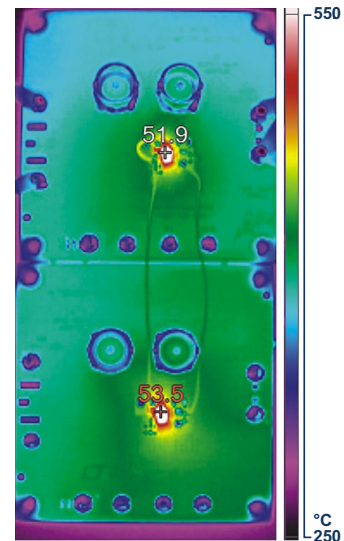


Рисунок 4. Термограмма двух параллельно соединенных LT3094.

Двуполярный источник питания с регулируемым выходным напряжением

Для достижения низкого уровня выходного шума и высокого КПД системы источник питания обычно состоит из импульсного преобразователя и LDO регулятора. Оптимизи-

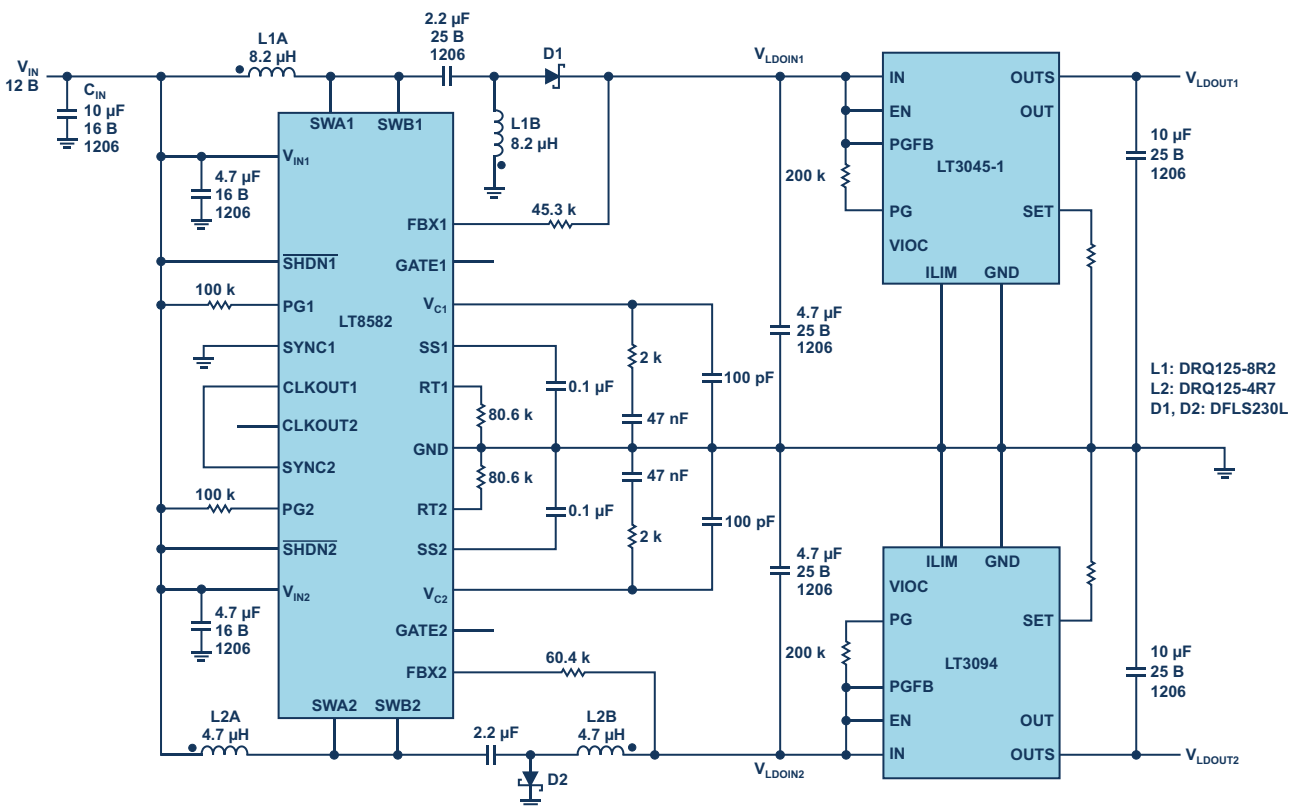
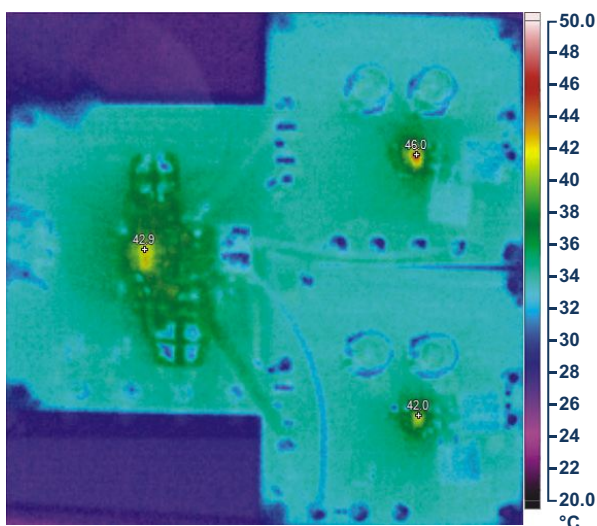
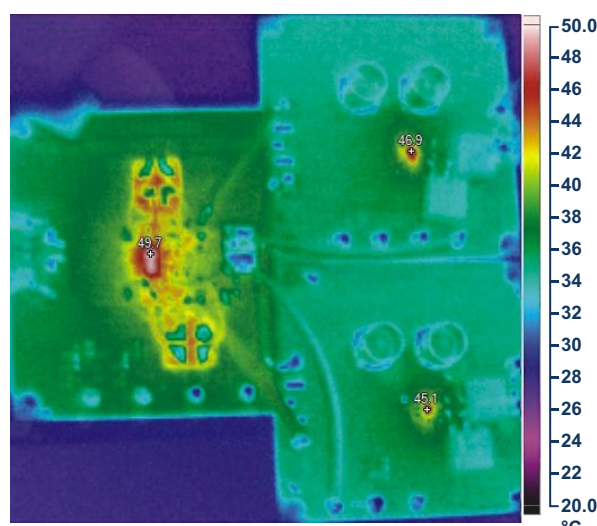


Рисунок 5. Регулируемый источник питания с двумя выходами положительного и отрицательного напряжения с высоким коэффициентом подавления пульсаций и низким перегревом во время работы.



Выходное напряжение ± 5 В, ток нагрузки ± 500 мА



Выходное напряжение ± 12 В, ток нагрузки ± 500 мА

Рисунок 6. Тепловой портрет двуполярного источника питания при входном напряжении 12 В.

рованная разность напряжений между входом и выходом LDO регуляторов составляет около -1 В, что обеспечивает хороший компромисс между рассеиваемой мощностью и PSRR. Удержание этой разности напряжений на постоянном уровне сложно в системе с меняющимся выходным напряжением, но в LT3094 реализована функция слежения VIOC, которая поддерживает неизменное напряжение на LDO регуляторе даже при изменении выходного напряжения.

На Рисунке 5 изображена схема двуполярного источника питания, в которой используются микросхемы LT8582, LT3045-1 и LT3094. LT8582 – это двухканальный DC/DC ШИМ-преобразователь с внутренними ключами, который способен из одного входного напряжения формировать как положительное, так и отрицательное напряжение. Первый канал LT8582 конфигурируется как SEPIC, и регулирует положительное напряжение, а второй канал является инвертирующим преобразователем для шины отрица-

тельного напряжения. Напряжение VIOC управляет напряжением на LT3094 в отрицательной шине как

$$V_{LDO(IN2)} = V_{LDO(OUT)} - V_{IOC} - V_{FBX2} - R2 \cdot I_{FBX} \quad (1)$$

где напряжение V_{FBX2} равно 0 мВ, а ток I_{FBX} равен 83.3 мкА. Выбор $R2 = 14.7$ кОм устанавливает напряжение VIOC, равным 1.23 В во всем диапазоне изменений выходного напряжения. При сопротивлении резистора $R1$, равном 133 кОм, входное напряжение LT3094 ограничивается уровнем 16.5 В, который можно рассчитать по формуле

$$V_{LDO(IN(MAX))} = V_{FBX} + 1 \cdot \frac{R1}{40 \text{ кОм}} - R1 \cdot I_{FBX} \quad (2)$$

Тепловой портрет схемы, работающей при входном напряжении 12 В, показан на Рисунке 6. При изменении выходного напряжения от ± 3.3 В до ± 12 В превышение температуры

Таблица 2. Характеристики схемы двуполярного источника питания при входном напряжении 12 В и токе нагрузки ± 500 мА

Выходное напряжение (В)	Входное напряжение (В)	Падение напряжения (В)	Перегрев LT3094	Входной ток (А)	КПД системы
± 3.3	± 4.55	1.25	8 °C	0.48	57%
± 5	± 6.25	1.25	8 °C	0.65	65%
± 12	± 13.22	1.22	9 °C	1.25	78%

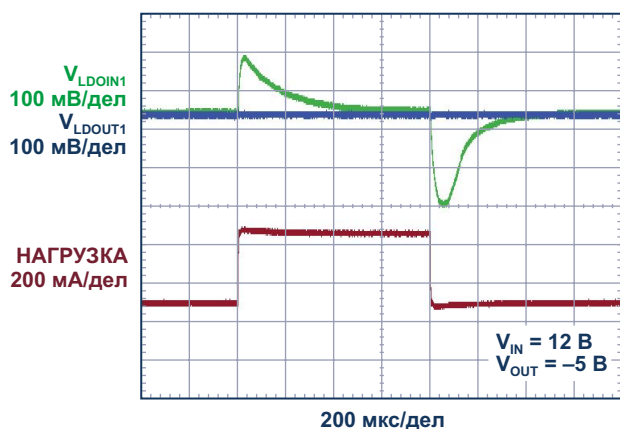
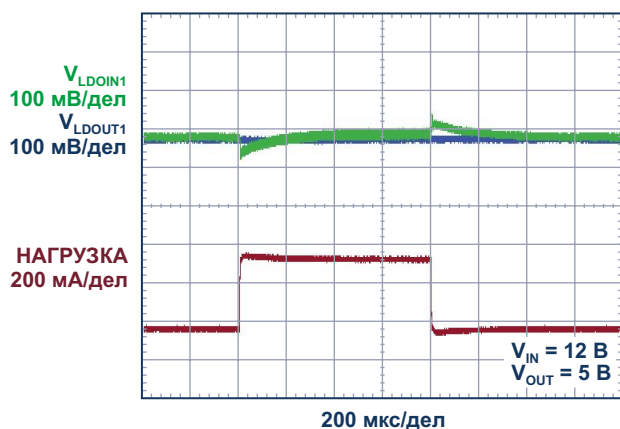


Рисунок 7. Отклик на скачок нагрузки двуполярного источника питания с выходными напряжениями ± 5 В при входном напряжении 12 В.

LT3094 остается постоянным. Напряжения и токи всех трех устройств приведены в Таблице 2. Рисунок 7 демонстрирует отклик на скачок нагрузки схемы источника питания с выходными напряжениями ± 5 В при входном напряжении 12 В.

На Рисунок 5 на входе LT3094 нет никаких дополнительных конденсаторов, кроме выходных конденсаторов LT8582. Как прави-

ло, входной конденсатор уменьшает выходные пульсации, но это не относится к LT3094. Если на входе LT3094 будут конденсаторы, коммутируемые токи из импульсного преобразователя будут проходить через входной конденсатор, создавая электромагнитную связь между импульсным преобразователем и выходом LT3094. Выходной шум увеличится, что ухудшит PSRR. При условии, что импульсный регулятор расположен не более чем в двух дюймах от LT3094, мы рекомендуем для достижения наилучших характеристик PSRR не устанавливать конденсатор на входе LT3094.

Заключение

LT3094 – это LDO стабилизатор отрицательного напряжения с ультранизкими шумами и ультравысоким PSRR. Он имеет архитектуру, основанную на источнике опорного тока, которая сохраняет шумы и характеристики PSRR независимыми от выходного напряжения и позволяет легко соединять параллельно несколько LT3094 для увеличения тока нагрузки и снижения выходного шума. Функция VIOC минимизирует рассеяние мощности на LDO регуляторе, когда LT3094 используется в качестве пострегулятора импульсного преобразователя, что делает эту микросхему идеальным прибором для приложений с меняющимся выходным напряжением. **PL**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices LT3015](#)
2. [Datasheet Linear Technology LT3042](#)
3. [Datasheet Linear Technology LT3045-1](#)
4. [Datasheet Analog Devices LT3090](#)
5. [Datasheet Analog Devices LT3094](#)
6. [Datasheet Analog Devices LT8582](#)

Простейшая схема показывает направление вращения энкодеров

Guido Nopper

Electronic Design

Инкrementные угловые или линейные энкодеры очень распространены, но обычно они не вырабатывают сигнала направления. Эта конструкция демонстрирует простой способ определения, в каком направлении – прямом или обратном – вращается энкодер.

Два выходных сигнала инкрементных энкодеров обычно обозначаются как Канал А и Канал В. Эти сигналы содержат информацию как о количестве импульсов, зависящем от разрешения, так и о скорости вращения. Они отличаются только значением фазы (напри-

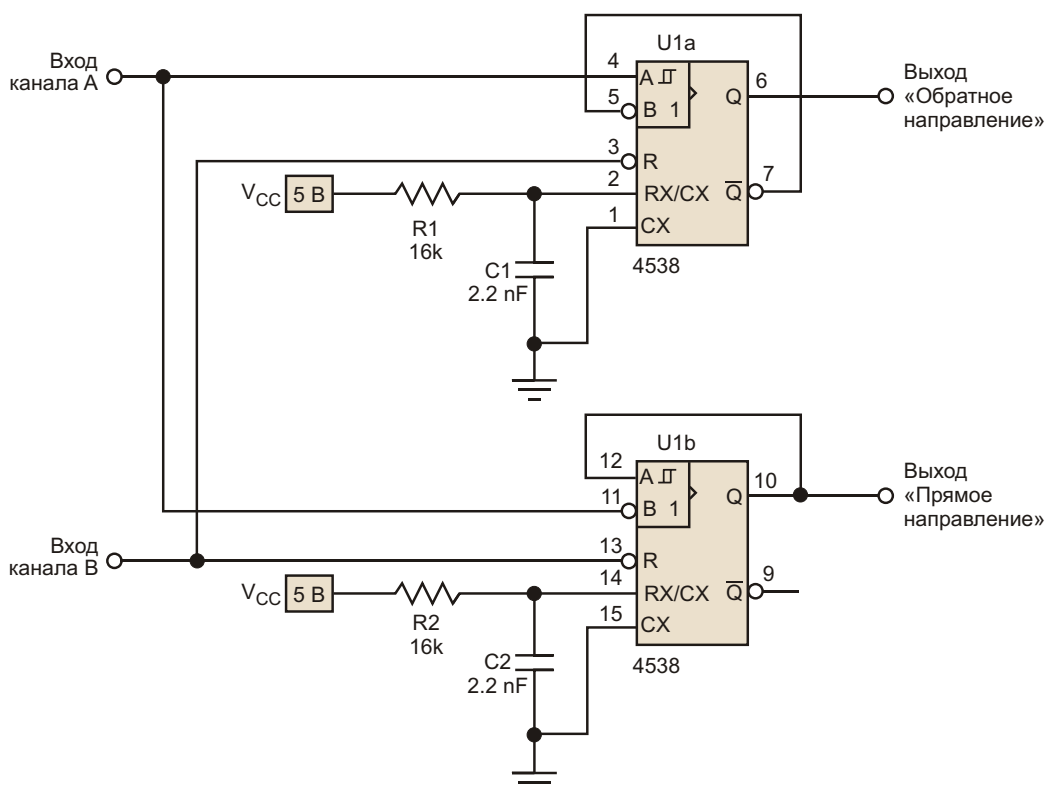


Рисунок 1. Схема определителя направления основана на ждущем мультивибраторе, который, в зависимости от требований к скорости, можно выбрать из серий 74НС или 74НСТ.

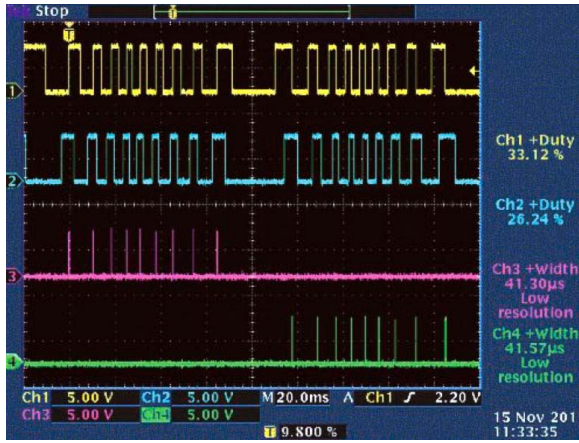


Рисунок 2. Эта осциллограмма демонстрирует поведение схемы, когда вал энкодера немного перемещается по часовой стрелке и против часовой стрелки. Канал 1 (желтый) отображает Канал А схемы (U1, вывод 4). Канал 2 (синий) соответствует Каналу В схемы (вывод 13). Канал 3 (розовый) – выход «Прямое направление» (вывод 6). Канал 4 (зеленый) – выход «Обратное направление» (вывод 10).

мер, -90° для направления вращения по часовой стрелке и $+90^\circ$ – против).

В схеме на Рисунке 1 эти сигналы используются в качестве входных для микросхемы двухканального ждущего мультивибратора 4538. В зависимости от скорости, необходи-

мой для конкретного приложения, этот мультивибратор можно выбрать из состава разных серий, например, 74НС или 74НСТ.

Чтобы исключить перезапуск мультивибратора, используется обратная связь с одного из выходов на вход. Это не строго обяза-

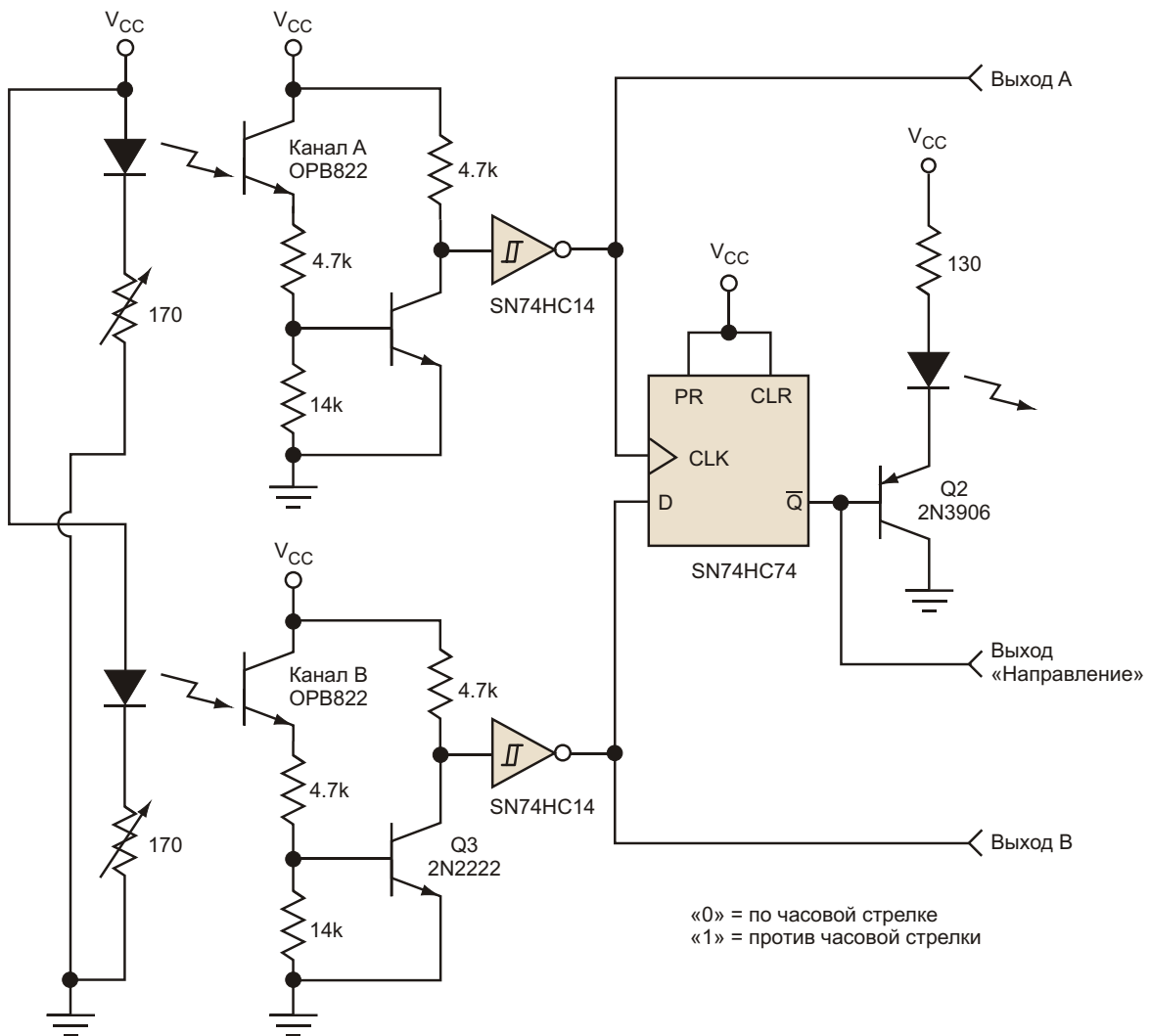


Рисунок 3. Эта основанная на D-триггере схема может стать причиной неточностей в точке изменения направления, особенно, когда энкодер механически дрожит (вибрирует) вблизи фронта импульса.

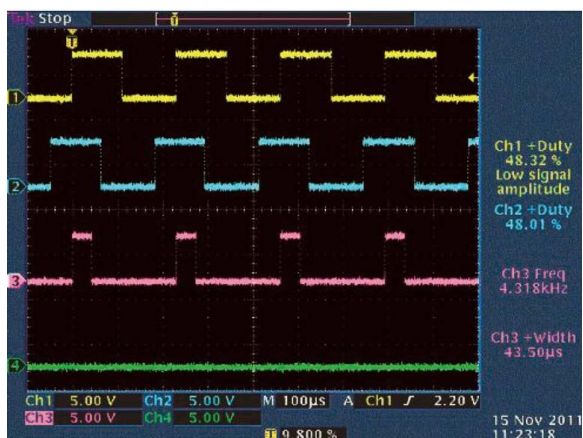


Рисунок 4. Эта осциллограмма показывает отклик схемы, когда скорость вращения вала энкодера близка к максимальной. Назначение каналов такое же, как на Рисунке 2.

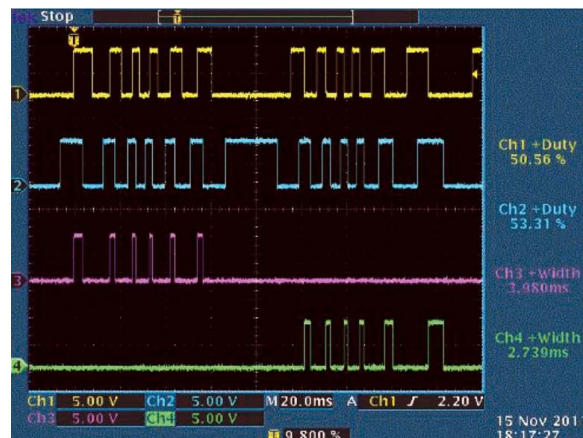


Рисунок 5. Резисторы R1 и R2 в схеме определителя направления можно удалить, при этом отклик схемы изменится незначительно. Назначение каналов такое же, как на Рисунке 2.

тельно, но помогает поддерживать длительность импульса постоянной. С другой стороны, важной функцией является обеспечение запуска импульсов прямого направления одним фронтом входного сигнала и обратного направления – другим фронтом этого сигнала (Рисунок 2). Вот почему одна и та же механическая позиция, или один и тот же край щели кодового диска, создают, например, положительный фронт в прямом направлении и отрицательный фронт в обратном направлении. Таким образом, если для запуска схемы используется один и тот же электрический фронт, результатом будет гистерезис в изменении направления одного отверстия энкодера, который обычно составляет половину номинального разрешения энкодера (Рисунок 3). Это может создать проблемы с точностью, которые обостряются еще больше, если энкодер механически дрожит (вибрирует) вблизи фронта импульса.

При определении длительности выходного импульса одновибраторов разработчик должен проявлять осторожность. Если используются микросхемы счетчиков средней степени интеграции, такие как '193, будет достаточно 200 нс, но иногда подсчет прямых и обратных сигналов ведется с помощью входа прерываний микропроцессора. Это требует, чтобы длительность импульса была, по крайней мере, не меньше максимального времени реакции микроконтроллера на прерывание.

Во многих случаях это могут быть длительности импульса в несколько десятков микросекунд, как в схеме на Рисунке 1, где ширина импульса t_{PLS} 50 мкс. Если длительность импульса известна, максимальная скорость определяется выражением:

$$f_{MAX} = \frac{1}{t_{PLS} \cdot 4}$$

Таким образом, максимальная скорость или частота энкодера в этом примере составляет примерно 5 кГц (Рисунок 4). При перегрузке по частоте схема не перестанет работать совсем, но выше максимальной частоты длительность выходного импульса будет уменьшенной до расстояния от запускающего фронта (Канал А) до спадающего фронта (Канал В).

Это приводит к возможному упрощению схемы на Рисунке 1. Если исключить резисторы R1 и R2, выходной импульс всегда будет существовать на отрезке времени от запускающего фронта Канала А до спадающего фронта Канала В (Рисунок 5). **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Fairchild CD4538BC](#)
2. [Datasheet TT Electronics OPB822](#)
3. [Datasheet Texas Instruments SN74HC14](#)
4. [Datasheet Texas Instruments SN74HC74](#)

Простая стратегия безопасного подключения бестрансформаторных источников питания

Ramkumar Ramaswamy

Electronic Design

Для питания малопотребляющих схем часто применяются бестрансформаторные источники. Однако использование во многих из этих схем заземления общего провода создает серьезную проблему, которой часто пренебрегают.

В очень популярном руководстве по применению [1] компании Microchip показан общий провод схемы (0 В), но ни слова не сказано о том, можно ли его подключать к земле сетевого источника питания. Аналогичным образом, в руководстве Apex Technology [2], описаны схемы, которые не могут быть безопасно и на законном основании подключены к какому-либо внешнему испытательному оборудованию.

Увидеть причины этих проблем нетрудно. В первом документе [1] общий провод схемы бестрансформаторного источника питания имеет высокие напряжения относительно нейтрали, и ее подключение к земле может привести к опасной ситуации. Поэтому подключение любого внешнего оборудования, общий провод схемы которого связан с землей, было бы очевидно опасным.

Во втором [2] земля схемы бестрансформаторного источника питания подключена к нейтрали, поэтому подключение к схеме любого внешнего оборудования (например, осциллографа для поиска неисправности) нарушит правила устройства электропровод-

ки, установленные в большинстве стран, и, вероятнее всего, приведет к срабатыванию автомата защиты сети, если общий провод схемы внешнего оборудования заземлен.

Одним из решений может быть попытка вставить небольшой резистор между общим проводом рассматриваемой схемы и цепью заземления внешнего оборудования. Это предотвращает срабатывание автоматического выключателя и технически исключает нарушение правил электропроводки, но создает новую проблему – шум между линиями земли и нейтрали. Этот шум проникает в схему, сводя на нет смысл заземления. Как правило, в результате заземленный общий провод становится совершенно непригодным для использования.

Простой обход этой проблемы предполагает, что общий провод бестрансформаторной схемы связан с нейтралью, что является гораздо более популярной и предпочтительной стратегией для бестрансформаторных источников питания (см. Рисунок 1). В схеме нет ничего особенного. Это простой дифференциальный усилитель, однако его использование в этом контексте является инновационным. Она иллюстрирует, как сигнал от оборудования А может безопасно и надежно подаваться в оборудование В независимо от того, какое из них имеет проблемный общий провод.

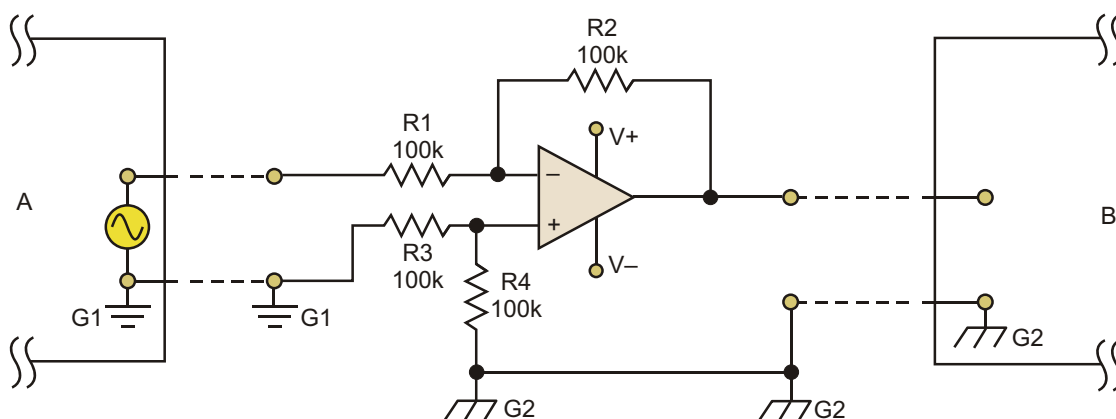


Рисунок 1. Простая схема на операционном усилителе, размещенная между бестрансформаторной схемой с общим проводом, привязанным к нейтрали, и схемой с заземленным общим проводом, устранит проблемы безопасности и шумов, связанные с такими соединениями.

Например, А может быть генератором сигналов, подаваемых в бестрансформаторную схему В. В этом случае G1 является землей, а G2 – нейтралью. Или же предположим, что В – это осциллограф, используемый для поиска неисправности в бестрансформаторной схеме А, G1 – нейтраль, а G2 – заземляющий провод. И в том, и в другом случае G1 является общим проводом схемы А, а G2 – общим проводом схемы В, а также общим проводом схемы операционного усилителя.

Коэффициенты усиления обоих входов операционного усилителя равны и противоположны, поэтому шум земля-нейтраль (который является шумом G1 относительно G2) полностью подавляется и не появляется на входе В. По сути, схема обеспечивает безопасное использование клемм нейтрали и

земли за счет того, что напряжение шумов нейтраль-земля представляет собой синфазный сигнал на входе операционного усилителя. Эта простая стратегия решает две описанные выше проблемы.

В этой схеме будет работать любой устойчивый при единичном усилении операционный усилитель общего назначения с полевыми транзисторами на входах и низким напряжением смещения. **РЛ**

Ссылки

1. Condit, Reston; [“Transformerless Power Supplies: Resistive and Capacitive,”](#) Application Note AN954, Microchip Technology Inc., 2004.
2. “AC-DC Power Supply Design,” Application Note 35, Apex Technology, Dec. 1999.

Простая схема увеличения акустического выхода пьезоэлектрического преобразователя

Dave Conrad

EDN

Для увеличения акустической мощности пьезодинамика или ультразвукового преобразователя было предложено много разных идей. Большинство из них основано на довольно сложных схемах, увеличивающих общую стоимость решения; например, повышение низкого напряжения питания логики до более высокого напряжения или использование H-моста.

Напротив, в этой статье показано, как можно увеличить акустическую мощность пьезоэлектрического преобразователя, минимизировав количество деталей и стоимость.

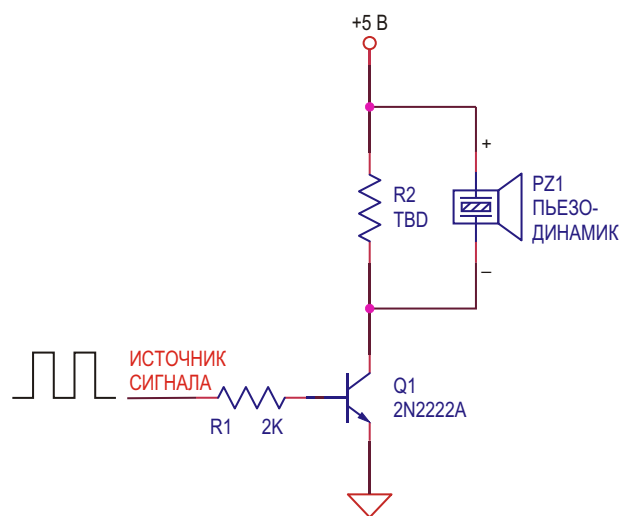


Рисунок 1. Хотя такая схема управления пьезоизлучателем проста, она очень неэффективна.

Прежде чем мы приступим к обсуждению нового подхода, давайте рассмотрим некоторые из наиболее часто используемых пьезоакустических схем и их недостатки.

Простейшая схема драйвера пьезоэлемента состоит из преобразователя и ключевого транзистора (Рисунок 1). Напряжение на преобразователе не может быть больше напряжения источника питания, которое и определяет верхний предел акустической мощности. Резистор R2 служит для разряда емкости преобразователя. Постоянная времени RC должна быть короткой относительно периода резонансной частоты преобразова-

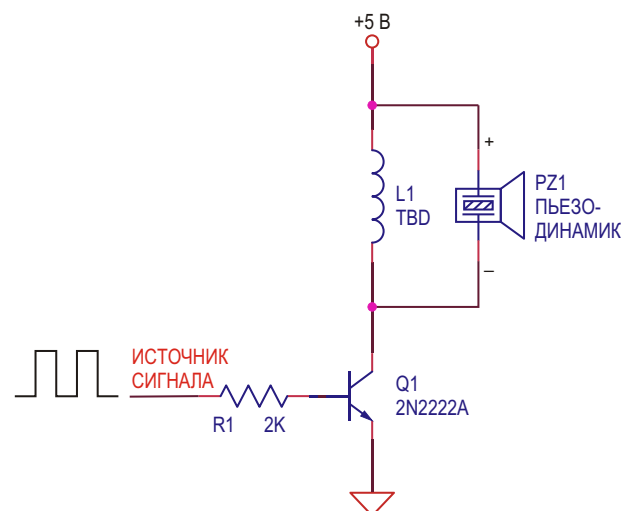


Рисунок 2. Замена резистора R2 дросселем увеличивает акустическую мощность и КПД.

теля. Низкие сопротивления резисторов снижают электрический КПД при гашении механического (акустического) резонанса преобразователя, что, конечно, снижает акустическую эффективность.

Самым распространенным способом усовершенствования является замена R2 дросселем, как показано на Рисунке 2.

Величину индуктивности часто выбирают такой, чтобы получить электрический резонанс с емкостью преобразователя (излучателя) при акустическом резонансе преобразователя. Этот подход может обеспечить более высокую акустическую мощность, чем параллельный резистор, однако он оставляет еще множество возможностей для улучшения. В лучшем случае пиковое напряжение на преобразователе может достигать 40 В, тогда как более типичное значение при напряжении питания 5 В составляет 20 В.

Это связано с тем, что переход коллектор-база транзистора смещен в прямом направлении во время отрицательной полуволны напряжения на параллельном резонансном контуре, образованном индуктивностью и емкостью преобразователя, что ограничивает размах напряжения, уменьшая акустический выход.

Добавление диода изолирует переход коллектор эмиттер (или, если используется MOSFET, переход паразитного диода) от этой отрицательной полуволны, обеспечивая намного больший размах напряжения на пре-

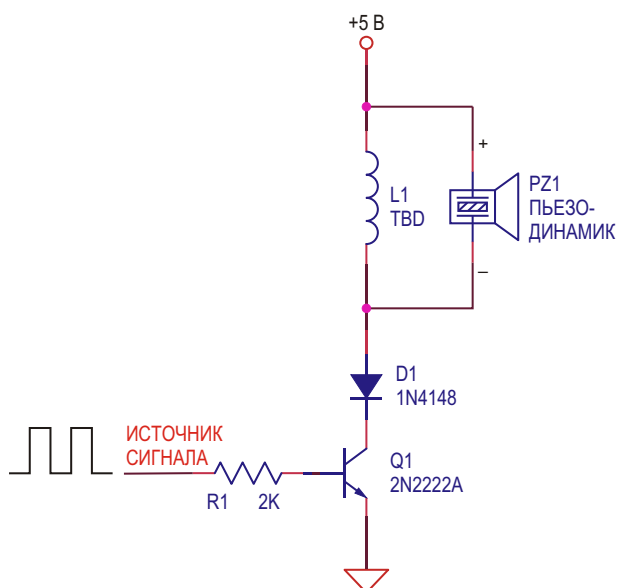


Рисунок 3. Использование диода может устранить отрицательные выбросы.

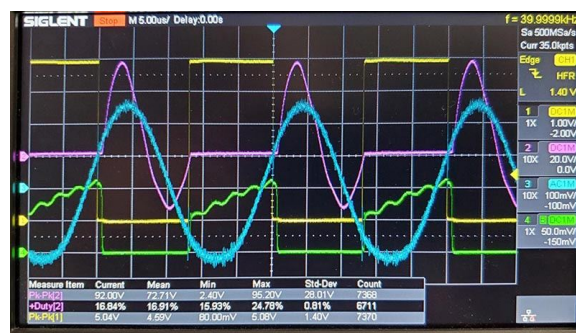


Рисунок 4. Иллюстрация поведения схемы в реальных условиях.

образователе и увеличивая акустическую мощность (Рисунок 3). Хотя прямое напряжение диода снижает приложенное напряжение питания, повышенное напряжение при резонансе более чем компенсирует эту небольшую потерю.

Чтобы добиться каких-либо дальнейших улучшений, мы должны учесть, что на самом деле в этой небольшой системе существуют два резонанса:

1. Акустический резонанс преобразователя, механический и объемный резонансы.
2. Электрический резонанс индуктивности и емкости преобразователя.

Частота электрического резонанса не обязательно должна совпадать с частотой акустического резонанса. На самом деле, если она примерно в 2 раза больше, чем частота акустического резонанса, пиковое напряжение на преобразователе может быть значительно увеличено.

Это иллюстрируется Рисунком 4, где осциллограммы получены при следующих параметрах схемы:

1. Напряжение источника питания: 5 В DC;
2. Индуктивность: L1 – 3.2 мГн;
3. Емкость пьезопреобразователя: 2 нФ;
4. Частота источника сигнала (40 кГц) равна резонансной частоте излучателя;
5. Коэффициент заполнения импульсов источника сигнала подобран так, чтобы исключить большие выбросы тока при включении.

Обратите внимание, что пункт 5 обозначает потенциальную проблему, скрывающуюся в этом новом решении, которую необходимо устранить. Если источник сигнала может включать транзистор после того, как напряжение преобразователя становится положи-

тельным, будет происходить мощный короткий выброс тока, который способен снизить электрический КПД и потенциально со временем разрушить транзистор. Увеличение коэффициента заполнения, чтобы транзистор включался, когда резонансное напряжение слегка отрицательное, позволяет устранить этот выброс.

После того, как мы все обсудили, давайте посмотрим, как наша схема ведет себя в реальной жизни, используя для этого удобный четырехканальный интеллектуальный осциллограф:

- Желтый – управляющее напряжение с пиковым значением 5 В, частотой 40 кГц и коэффициентом заполнения примерно 48%;
- Фиолетовый – напряжение на преобразователе при электрическом резонансе: 92 В пик-пик, 80 кГц;
- Зеленый – эмиттерный ток транзистора с пиковым уровнем примерно 80 мА и частотой 40 кГц;
- Синий – акустическая мощность преобразователя, измеренная МЭМС микрофоном.

Высокое пиковое напряжение на преобразователе достигается за счет использования дросселя с индуктивностью меньшей, чем требуется для резонанса на частоте 40 кГц, что позволяет току возрасти примерно в два раза быстрее. В рассматриваемом примере это обеспечивает удвоенный ток для «зарядки» магнитного поля дросселя.

В данной системе это приводит к большому смещению поверхности преобразователя, и, соответственно, увеличивает акустическую мощность.

Эту статью не следует рассматривать как исчерпывающий трактат по резонансным схемам. Она просто демонстрирует процедуру, позволяющую с помощью очень простой и недорогой схемы увеличить акустическую мощность любого резонансного пьезоэлектрического преобразователя или излучателя.

Кратко эту процедуру можно изложить следующим образом:

1. Определяем частоту акустического резонанса преобразователя;

2. Формируем последовательность управляющих импульсов такой же частоты, начиная с коэффициента заполнения 50%;
3. При необходимости регулируем коэффициент заполнения, чтобы убрать выбросы тока при включении;
4. Определяем значение емкости преобразователя;
5. Выбираем такое значение индуктивности, с которым частота электрического резонанса будет примерно вдвое выше частоты акустического резонанса.

Смоделировать представленную здесь акустическую/электрическую схему в симуляторе может быть непросто, поскольку преобразователь содержит два или более потенциально резонансных элемента. К ним относятся механически резонанс преобразовательного элемента, акустический резонанс корпуса преобразователя (называемый резонансом Гельмгольца) и, конечно же, электрический резонанс емкости преобразователя с внешней индуктивностью.

Акустическая нагрузка излучением из порта преобразователя или его диафрагмы добавляет еще одну сложность к моделированию. Простое электрическое моделирование этой схемы дает на преобразователе 240 В пик-пик, что больше удвоенного напряжения, полученного в реальной схеме. Причиной большей части потерь, снижающих пиковое напряжение преобразователя в этой системе по сравнению с моделируемыми результатами, может быть акустическая нагрузка.

С помощью этой простой процедуры можно с минимальными затратами времени и сил легко добиться максимальной акустической мощности преобразователя. **РЛ**

Ссылки

1. [Buzzer Basics - Technologies, Tones, and Drive Circuits](#), CUI
2. [Parallel Resonance Circuit, Electronics Tutorials](#)
3. [SiSonic™ Surface Mount MEMS Microphones](#), Knowles Electronics

Материалы по теме

1. [Datasheet Knowles SPW2430HR5H-B](#)

Простая схема превращает сигнал ШИМ в точное опорное напряжение с цифровым управлением

Rick Mally

Electronic Design

Для реализации фильтра нижних частот второго порядка Саллена-Ки и схемы сдвига уровня в этой конструкции используется широко распространенный шунтовой регулятор LM431

Во многих схемах требуется преобразование сигнала широтно-импульсной модуляции (ШИМ) микропроцессора в аналоговое напряжение. Часто пассивный однополюсный RC-фильтр вполне удовлетворяет проектным требованиям, но этому подходу обыч-

но присущи некоторые недостатки, включая большое время отклика, зашумленные результаты и отсутствие буферизации.

В описанной здесь схеме для реализации фильтра нижних частот второго порядка Саллена-Ки и одновременного сдвига уровня используется вездесущий шунтовой регулятор LM431 (Рисунок 1). По сравнению с традиционным подходом, она обеспечивает гораздо более крутой спад, а также биполярный выход с низким импедансом. Схема будет вырабатывать выходное напряжение от -2.5 до $+2.5$ В в соответствии с входным сигналом ШИМ, изменяющимся между уровнями 0 и 5 В. Значение выходного напряжения равно

$$(5 \text{ В} \times D) - 2.5 \text{ В},$$

где D – коэффициент заполнения импульсов ШИМ, изменяющийся от 0.0 до 1.0 (от 0% до 100%).

Показанные на схемы номиналы компонентов обеспечивают плоский отклик с частотой среза около 2300 Гц, спад -12 дБ/октава и нагрузочную способность порядка 3 мА. Частоту среза можно легко изменять, меняя номиналы $R1$ и $R2$ или $C1$ и $C2$, однако при этом важно сохранять равенство сопротивлений $R1$ и $R2$, а емкость $C2$ должна оставаться равной примерно половине емкости $C1$.

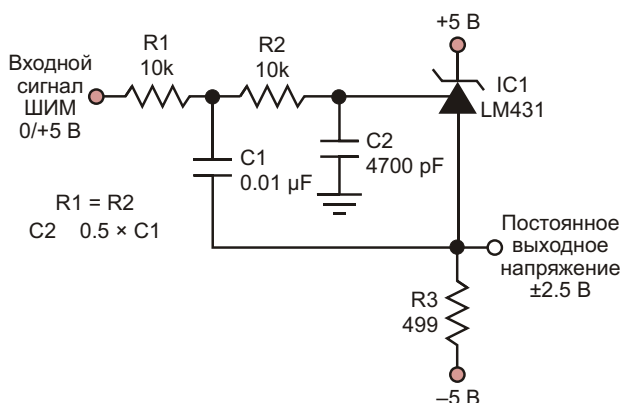


Рисунок 1. Шунтовой регулятор выполняет функцию элемента обратной связи в фильтре нижних частот Саллена-Ки, преобразуя ШИМ сигнал размахом 5 В в постоянное напряжение между -2.5 В и $+2.5$ В, пропорциональное коэффициенту заполнения импульсов ШИМ.

Удвоение номинала резистора или конденсатора снижает частоту среза наполовину. Уменьшение любых номиналов вдвое удваивает частоту среза. Варьируя сопротивление резистора R3, можно увеличить выходной ток или снизить потребляемую мощность. Напряжение шины 5 В не должно быть точным и может иметь более высокое значение. Необходимо только, чтобы размах входного сигнала ШИМ составлял точно 5 В.

Поскольку в схеме используется лишь шесть компонентов, она может быть очень недорогой. LM431 в единичных количествах можно купить всего за 10 центов, что значительно ниже цены любого операционного усилителя. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM431](#)



РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

www.rlocman.ru/magazine

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

РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

www.rlocman.ru/forum

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!
Приглашаем профессионалов.

РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

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



facebook.com/rlocman



ok.ru/rlocman

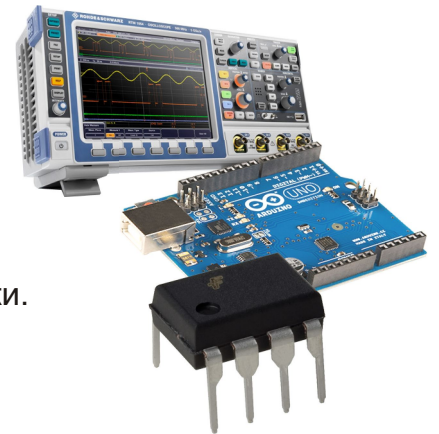


twitter.com/rlocman

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru





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!