

ЖУРНАЛ ДЛЯ ТЕХ, КТО ИНТЕРЕСУЕТСЯ ЭЛЕКТРОНИКОЙ

WWW.RLOCSMAN.RU

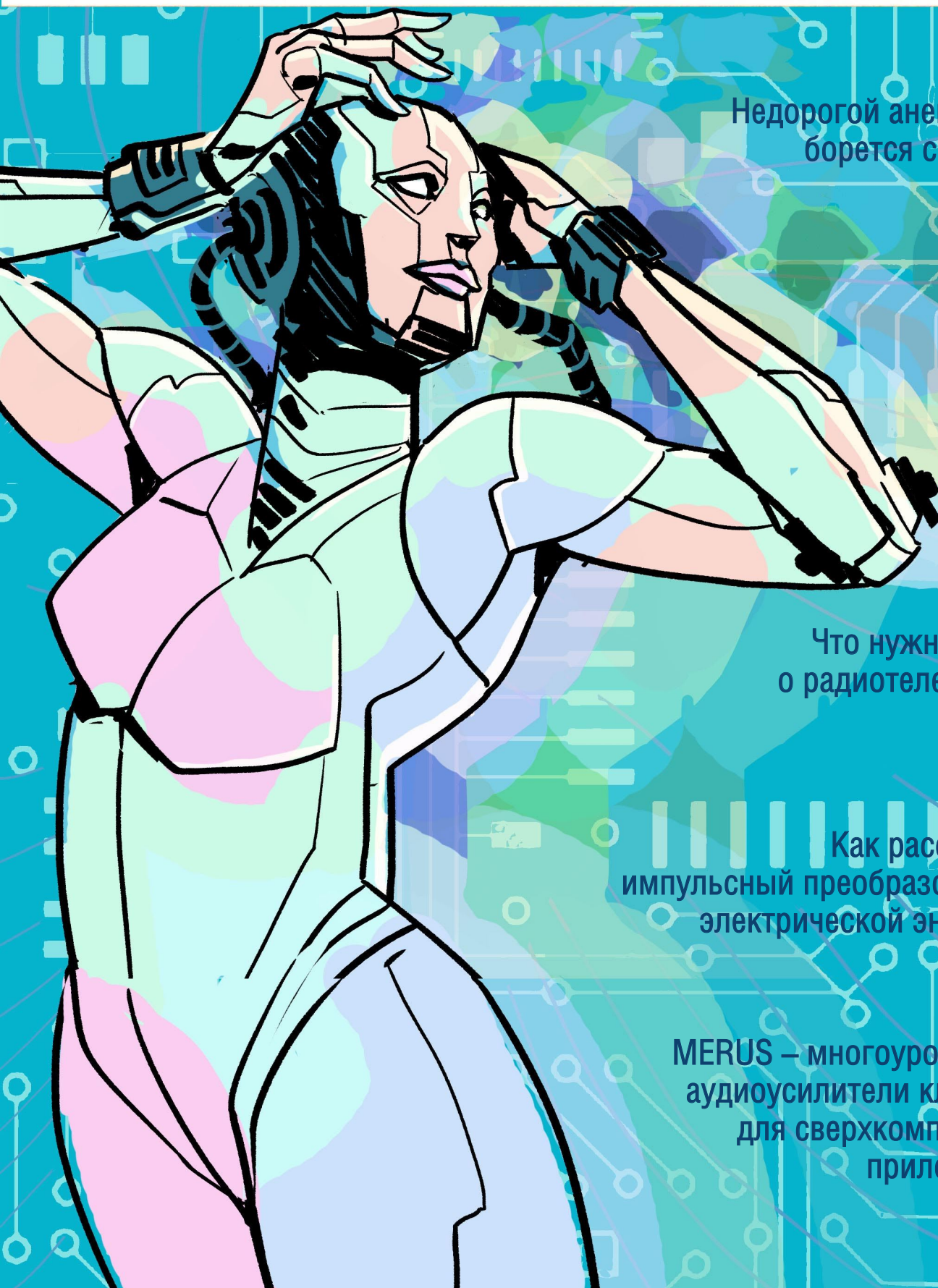


РАДИОЛОЦМАН

App Store

Google play

МАЙ 2019 (96)



Недорогой анемометр борется с пылью

60

Что нужно знать о радиотелескопах

34

Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии?

24

MERUS – многоуровневые аудиоусилители класса D для сверхкомпактных приложений

38



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

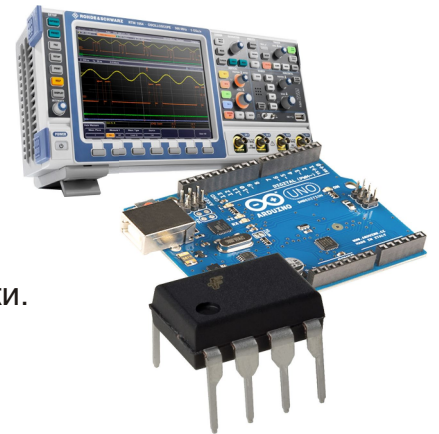


twitter.com/rlocman

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru



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 CML представляет приемопередатчик голоса и данных диапазона 2.4 ГГц с большим радиусом действия
- 4 CISSOID анонсировала новые высокотемпературные микро-схемы для систем автоэлектроники
- 5 Новые микроконтроллеры Toshiba с ядром ARM Cortex-M4 обеспечат высокую скорость обработки данных
- 6 Diodes представила универсальный повышающий контроллер светодиодов с глубиной регулировки яркости 100:1
- 7 Alpha and Omega Semiconductor анонсировала TVS диоды со сверхнизкой емкостью для защиты интерфейсов USB3.2 и Thunderbolt 3.0
- 7 Infineon добавляет в семейство датчиков тока XENSIV новый прибор для промышленных приложений
- 8 STMicroelectronics выпускает семиканальную микросхему управления питанием для современных систем помощи водителю
- 9 Dialog Semiconductor выпустила многоканальный LDO регулятор с лучшими в отрасли характеристиками
- 10 Ampleon выпустила первый в отрасли 2-киловаттный радиочастотный LDMOS транзистор повышенной надежности для приложений диапазона ISM
- 10 Epson начала поставку образцов микросхем нового преобразователя интерфейсов для дисплейных систем автомобилей
- 11 GaN Systems представляет самые сильноточные в отрасли мощные GaN транзисторы
- 12 IDT приступила к производству программируемых генераторов с низким джиттером для центров обработки данных и сетевых приложений
- 13 Новые SBR диоды Diodes повысят КПД и надежность автомобильных световых приборов
- 13 Vishay Intertechnology предлагает новые миниатюрные ИК приемники в корпусах Heimdall и Panhead
- 14 Выпущенный Diodes контроллер USB PD поддерживает стандартные и фирменные протоколы Power Delivery
- 15 Texas Instruments представила самый быстродействующий в отрасли 12-разрядный АЦП
- 17 Революционная технология MERUS на рынке аудиосистем: Infineon выпускает микросхемы многоуровневых усилителей класса D
- 18 Infineon приступает к производству ультраминиатюрного датчика атмосферного давления, защищенного от воды, пыли и влаги
- 19 Контроллер 100-ваттного обратного преобразователя работает при входных напряжениях от 16 до 600 В
- 20 STMicroelectronics расширяет семейство программируемых контроллеров двигателей новой системой в корпусе
- 21 Littelfuse расширяет серию цифровых индикаторов температуры, предназначенных для защиты кабелей USB Type-C
- 22 В новейшем семействе драйверов светодиодов компании Allegro решена проблема акустических шумов

Статьи

- 24 Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии?
- 31 Реализация освещения, ориентированного на человека
- 34 Что нужно знать о радиотелескопах
- 38 MERUS – многоуровневые аудиоусилители класса D для сверхкомпактных приложений. Часть 1

Схемы

- 44 Увеличение чувствительности фотоприемника на базе фототранзистора
- 48 Высоковольтные аналоговые регулируемые целочисленные делители частоты цифровых сигналов
- 51 Усовершенствованная схема драйвера белого светодиода на полевом транзисторе
- 54 Цифровой потенциометр программирует основные параметры полосового фильтра
- 56 Две кнопки обеспечивают безопасный запуск
- 58 Высокоимпедансный буферный усилитель с защитой входов от электростатических разрядов
- 60 Недорогой анемометр борется с пылью
- 64 Два варианта преобразователя SEPIC
- 67 Высоковольтный регулятор, собранный полностью на SMD компонентах

CML представляет приемопередатчик голоса и данных диапазона 2.4 ГГц с большим радиусом действия

CML Microcircuits сообщила о доступности приемопередатчика SCT2400, предназначенного для поддержки защищенных цифровых каналов передачи голоса и данных с большим радиусом действия (до 12 км в пределах прямой видимости) в системах, работающих в нелицензированных диапазонах частот.



SCT2400 – это высокоинтегрированный цифровой радио приемопередатчик, использующий модуляцию шумоподобным сигналом в диапазоне рабочих частот 2.4 ГГц. Он может применяться в аппаратуре, предназначенной для различных географических регионов, как в лицензируемых, так и в нелицензируемых приложениях. Исключительный радиус действия, превышающий 12 км (в пределах прямой видимости) при выходной мощности не более 100 мВт, достигается при потребляемом токе, составляющем лишь 10 мА в режиме сканирования, около 52 мА при приеме голоса и всего 64 мА при передаче голоса. Низкое энергопотребление и функции безопасности делают прибор идеальным решением для ряда устройств цифровой передачи голоса и данных.

В приемопередатчике SCT2400 CML реализовала свой богатый опыт кодирования

голоса и усовершенствованный метод прямой коррекции ошибок. Это означает, что прибор может поддерживать четкость и безопасность связи на больших расстояниях в радиосистемах с низким энергопотреблением, таких как частная мобильная радиосвязь (PMR) и наземная мобильная радиосвязь (LMR). Это позволит перенести PMR/LMR из разнородных и несовместимых региональных частотных диапазонов в диапазон ISM 2.4 ГГц, который теперь признан во всем мире как предпочтительная нелицензируемая рабочая частота. Использование SCT2400 в новых разработках даст производителям возможность стандартизировать единую платформу для нескольких регионов, а поддержка сервиса коротких сообщений расширит набор функций PMR/LMR и позволит использовать этот вид связи для новых рынков и новых приложений.

В SCT2400 достигнуто пятикратное снижение потребляемой мощности по сравнению с конкурирующими продуктами, ориентированными на использование в системах PMR. Низкая рассеиваемая мощность и небольшие размеры (144-контактный корпус BGA с размерами 10 мм × 10 мм) означают, что приемопередатчик может использоваться в портативных, мобильных и носимых устройствах, в том числе в фитнес-трекерах, умной одежде и беспроводных гарнитурах. SCT2400 работает от одного источника питания 3 В и поддерживает цифровые голосовые режимы, которые включают одноранговый обмен, групповой вызов и широковебательную рассылку, а также передачу данных в режиме SMS.

CISSOID анонсировала новые высокотемпературные микросхемы для систем автоэлектроники

На проходившей в Нюрнберге международной выставке-конференции PCIM 2019 – крупнейшем мероприятии, посвященном проблемам силовой электроники, интеллектуального привода двигателей, возобновляемой энергии и управления питанием, – бельгийская компания CISSOID представила новые микросхемы для электронных систем автомобилей. Эти устройства являются час-



тью создаваемой CISSOID новой серии СХТ автомобильных электронных компонентов, рассчитанных и аттестованных для работы при температуре от -55°C до 175°C , что превышает требования Уровня 0 квалификационного стандарта АЕС-Q100.

CISSOID анонсировала новый высокотемпературный 50-миллиамперный линейный стабилизатор СХТ-STA4919. Диапазон выходных напряжений прибора составляет от $+3.3\text{ В}$ до 28 В при входных напряжениях от $+4.5\text{ В}$ до $+35\text{ В}$. Микросхема надежно работает при температурах перехода от -55°C до $+175^{\circ}\text{C}$. В устройство интегрированы цепи защиты от перегрузки по току и перегрева. Регулятор поставляется в компактном корпусе PSOC8 с теплоотводящим основанием, вскрытым для снижения теплового сопротивления.

«Этот продукт предоставляет возможность реализации недорогих, компактных и надежных решений для регуляторов напряжения в электронных блоках управления, модулях драйверов двигателей и интерфейсах датчиков автомобилей, работающих в тяжелых тепловых режимах», – говорит Пьер Делат (Pierre Delatte), технический директор

CISSOID. «Мы также видим растущий спрос на преобразователи и драйверы SiC с высокой плотностью мощности для электрических и гибридных транспортных средств», – добавил он. В партиях промышленного объема одна микросхема СХТ-STA4919 стоит 0.29€ .

Компания представила также новое семейство конфигурируемых логических элементов для устройств автоэлектроники, получившее обозначение СХТ-741GXX. Все микросхемы семейства выпускаются в небольших корпусах SOT-23-6 и могут работать в диапазоне температур $-55^{\circ}\text{C} \dots +175^{\circ}\text{C}$. Среди приборов, выполняющих 13 логических функций, имеются инвертор, буфер, И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, исключаящее ИЛИ, исключаящее ИЛИ-НЕ, мультиплексор и D-триггер.

Эти новые маломощные КМОП устройства работают в широком диапазоне напряжений питания от 1.65 В до 5.5 В . Входы микросхем для повышения устойчивости к медленным сигналам снабжены триггерами Шмитта и могут управляться логическими уровнями, превосходящими напряжение питания. В крупных партиях микросхемы СХТ-741GXX продаются по цене 0.065€ за штуку.

Новые микроконтроллеры Toshiba с ядром ARM Cortex-M4 обеспечат высокую скорость обработки данных

Широкий спектр опций делает микроконтроллеры пригодными для множества областей применения

К своему семейству микроконтроллеров TXZ с ядром ARM Cortex-M компания Toshiba добавила новую группу приборов M4G, предназначенных для средств оргтехники, аудиовизуальной аппаратуры и промышленного оборудования.

Микроконтроллеры группы M4G основаны на ядре ARM Cortex-M4 с сопроцессором для

обработки чисел с плавающей точкой. Приборы, содержащие высокопроизводительные аналоговые схемы, широкий спектр таймеров и коммуникационных каналов, выпускаются в различных корпусах с числом выводов от 100 до 177, со встроенной флэш-памятью от 512 КБ до 1536 КБ, оперативной памятью до 194 КБ и флэш-памятью данных 32 КБ, которая может быть перезаписана до 100,000 раз. Тактовая частота микроконтроллеров, рассчитанных на диапазон рабочих температур от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$, может достигать 160 МГц.

Помимо высокоточной аналоговой периферии, включающей 12-битные АЦП (до 24 каналов) с временем преобразования 1.0 мкс и 8-битные ЦАП (2 канала), в устройства группы M4G интегрированы два контроллера прямого доступа к памяти (ПДП): высокоскоростной и многофункциональный. Оба кана-



ла ПДП потребляют низкую мощность и реализуют расширенные функции, включая поддержку универсальных периферийных схем, таких как последовательный интерфейс памяти (SMIF), UART, I²C, TSPi и таймеры, а также имеют средства поддержки крупномасштабных систем.

Аналого-цифровой преобразователь позволяет установить в каждом канале один из двух возможных периодов выборки, что способствует уменьшению компонентов настройки импеданса в крупных системах, использующих большое количество датчиков. Встроенная функция связи для таймеров, UART и TSPi, а также схема детектора

интервалов снижают нагрузку на процессорное ядро.

Массовое производство новых продуктов начнется в течение следующих шести месяцев.

Toshiba планирует выпустить новые группы микроконтроллеров для высокоскоростной обработки данных в системах связи, а также для устройств, использующих высокоточные аналоговые схемы управления низко- и среднескоростными двигателями. Компания продолжает расширять семейство TXZ для удовлетворения потребностей рынка средств управления двигателями и глобальных дистанционных измерений.

Diodes представила универсальный повышающий контроллер светодиодов с глубиной регулировки яркости 100:1

Компания Diodes представила повышающий контроллер AL3353 с максимальным входным напряжением 40 В, предназначенный для широкого круга приложений, в которых для управления светодиодным освещением и подсветкой требуются постоянное напряжение или постоянный ток и глубина регулировки яркости 100:1. Микросхема хорошо подходит как для использования в качестве драйвера подсветки ЖК телевизоров, мониторов и плоских дисплеев, так и в качестве драйвера светодиодов для устройств коммерческого освещения.



AL3353 является универсальным повышающим контроллером с широким диапазоном входных напряжений от 9 В до 40 В, позволяющим легко адаптироваться к распространенным напряжениям питания 12 В, 24 В и 36 В без дальнейшего конфигурирования или потери КПД. AL3353 также содержит цепи

комплексной и надежной защиты, основанной на запатентованной Diodes технологии.

Благодаря реализации разработанной Diodes технологии динамической компенсации нелинейности, в которой используется схема подавления смещения прерыванием, AL3353 поддерживает высокую линейность во всем диапазоне рабочих температур и режимов. Эта ожидающая получения патента технология преобразует входной сигнал ШИМ во внутренний аналоговый сигнал, изменяющий уровень диммирования в диапазоне от 1 до 100%. Это значительно шире, чем диапазон регулировки яркости, обеспечиваемый большинством повышающих драйверов, доступных сегодня для этой сферы приложений.

Помимо широкого диапазона входных напряжений и отличных характеристик диммирования, AL3353 оснащен всесторонними средствами защиты, разработанными специально для целевых приложений прибора. Эти средства включают защиту от замыкания диода и дросселя, замыкания катода светодиода на землю, защиту от обрыва светодиода и от токовой перегрузки MOSFET. Кроме того, в перечень функций безопасности входят блокировка при пониженном напряжении, защита от перенапряжения выхода и перегрева, а также от короткого замыкания нагрузки.

AL3353 выпускается в 8-выводном корпусе SOIC.

Alpha and Omega Semiconductor анонсировала TVS диоды со сверхнизкой емкостью для защиты интерфейсов USB3.2 и Thunderbolt 3.0

Alpha and Omega Semiconductor (AOS) сообщила о выпуске TVS диода AOZ8661BDT-05, созданного на новейшей технологической платформе Super Low Cap (Сверхнизкая Емкость), и предназначенного для защиты линий высокоскоростных интерфейсов. Новый диод идеально подходит для таких приложений с USB Type-C, как ноутбуки и мобильные устройства.



AOZ8661BDT-05, имеющий емкость всего 0.15 пФ, оптимизирован для защиты линий высокоскоростных интерфейсов, включая USB3.1 Gen2, USB3.2, Thunderbolt 3.0 и другие, а также для исключения ошибок передачи за счет минимизации влияния емкости. AOZ8661BDT-05 выпускаются в безвывод-

ном корпусе для поверхностного монтажа размером 0.6 × 0.3 мм, что позволяет легко разместить необходимое количество диодов внутри корпуса разъема USB Type-C.

«Являясь ведущим поставщиком решений для защиты от электростатических разрядов высокоскоростных интерфейсов, таких как USB, HDMI и Thunderbolt, мы создали новую платформу TVS, которая позволила нам улучшить показатель качества приборов (напряжение ограничения, умноженное на емкость). Помимо низкой емкости, большое значение для защиты чувствительных микросхем имеет более низкое напряжение ограничения и более быстрый отклик на электростатические разряды, – сказал Майкл К. С. Нг (Michael K. S. Ng), старший менеджер по маркетингу линейки продуктов TVS в AOS. – Мы верим, что новая конкурентная платформа будет способствовать снижению частоты отказов, вызванных электростатическими разрядами в электронных продуктах наших партнеров и клиентов».

Цена и доступность

Диоды доступны в промышленных количествах и поставляются в течение 16 недель. В партиях из 1000 приборов один диод стоит \$0.09.

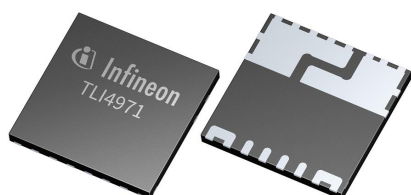
Infineon добавляет в семейство датчиков тока XENSIV новый прибор для промышленных приложений

Infineon Technologies готовится к началу массового производства нового семейства датчиков тока, презентация которых прошла в этом году на выставке PCIM. Семейство будет состоять из точных и стабильных бессердечниковых датчиков Холла. Приборы предоставляют высокий уровень гибкости, позволяя клиентам индивидуально програм-

мировать такие параметры, как диапазон токов, порог перегрузки по току и режимы вывода.

Первый продукт нового семейства XENSIV – TLI4971 – охватывает диапазоны измерений от ±25 А до ±120 А. Он предназначен для таких промышленных приложений, как драйверы электроприводов до 50 кВт и инверторы солнечных электростанций. Остальные приборы семейства появятся в 2020 году и будут сертифицированы на соответствие стандартам автоэлектроники.

Бессердечниковый датчик, включаемый в схему без обратной связи, обеспечивает точные и стабильные измерения тока, результа-



ты которых представляются в форме аналогового напряжения. Благодаря использованию разработанного Infineon и проверенного рынком метода компенсации температуры и напряжений, ошибка при комнатной температуре составляет всего 2%. Посредством одноточечной калибровки в системе погрешность может быть снижена до уровня менее 2%. Кроме того, дифференциальное измерение с двумя элементами Холла гарантирует высокую точность даже в зашумленной среде с перекрестными помехами от соседних линий тока или магнитных полей рассеяния.

TLI4971 имеет два выхода для быстрых сигналов, индицирующих перегрузку по току. Потребители могут программировать пороговые уровни включения сигналов перегрузки в соответствии с требованиями конкретной системы без использования дополнительных внешних компонентов. Сигналы могут использоваться для предварительного пред-

упреждения и выключения системы. Кроме того, устройство вырабатывает аварийный сигнал в случае чрезмерно низкого или высокого напряжения питания.

Отсутствие сердечника дало возможность разместить TLI4971 в безвыводном корпусе QFN (TISON-8) с размерами 8 × 8 × 1 мм. Расположение токовой шины без дополнительных затрат обеспечивает лучшие в своем классе тепловые характеристики для токов до 120 А. Устройство, предназначенное для использования в высоковольтных приложениях, имеет гальваническую изоляцию до 1.1 кВ (максимальное повторяющееся напряжение изоляции).

Доступность

Серийное производство датчиков XENSIV TLI4971 начнется в сентябре 2019 года. Единичные образцы приборов будут доступны в августе.

STMicroelectronics выпускает семиканальную микросхему управления питанием для современных систем помощи водителю

Позволяет исключить их схемы внешние резисторы установки напряжений и не требует предварительного стабилизатора

Впущенная STMicroelectronics семиканальная микросхема управления питанием для устройств автоэлектроники позволит создавать более компактные и надежные электронные блоки управления для систем автомобильного зрения и других автомобильных приложений. Микросхема L5965 может подключаться непосредственно к аккумуляторной батарее автомобиля, обеспечивать систему выходными напряжениями, уровни которых программируются в регистрах, и управлять последовательностью включения каналов.

Power Management IC for
Advanced Driver Assistance Systems



Благодаря наличию семи стабилизированных выходов, одна микросхема L5965 может питать всю систему помощи водителю, основанную на камерах или радарах, включая датчики, микросхемы памяти, процессор и схему интерфейса CAN. Однократно программируемая память для установки выходных напряжений и последовательности их включения позволяет гибко адаптировать устройство для широкого спектра современных систем помощи водителю и других автомобильных приложений.

Способность L5965 работать непосредственно от аккумуляторной батареи автомобиля позволяет включать прибор без предварительного стабилизатора напряжения. Выходы, программируемые с помощью регистров управления, дают возможность исключить внешние резисторы установки напряжений, а сами регуляторы не нуждаются во внешних цепях частотной коррекции. Сокращая как площадь, занимаемую компонентами, так и их количество, эта микросхема также повышает надежность системы и уве-

личивает ее точность, устраняя флуктуации, обусловленные воздействием окружающей среды на внешние компоненты.

Интегрированные средства функциональной безопасности, разработанные в соответствии с требованиями стандарта ISO 26262, позволяют обеспечивать соответствие систем требованиям уровня целостности автомобильной безопасности (ASIL) вплоть до ASIL-D. Соответствующие механизмы включают вывод статуса неисправ-

ности, мониторы напряжения, компараторы потери земли, аналоговые и цифровые встроенные цепи самодиагностики и мониторы температуры.

STMicroelectronics разворачивает производство L5965, и теперь потребителям доступны образцы микросхем в миниатюрном и недорогом корпусе QFN48 размером 7 мм × 7 мм, не требующем теплоотвода. Оценочная стоимость одной микросхемы в партии из 1000 приборов составляет \$3.59.

Dialog Semiconductor выпустила многоканальный LDO регулятор с лучшими в отрасли характеристиками

Dialog Semiconductor выпустила многоканальный LDO регулятор с лучшими в отрасли характеристиками

Dialog Semiconductor анонсировала выпуск новейшей конфигурируемой микросхемы смешанных сигналов SLG51000, содержащей LDO регуляторы с самым низким в отрасли падением напряжения. SLG51000 отличается самым высоким коэффициентом подавления пульсаций питания (PSRR) и самыми низкими выходными шумами среди всех программируемых многоканальных LDO, предлагаемых сегодня на рынке, что делает его идеальным прибором для питания современных камер и сенсорных систем.

При создании современных сенсорных систем или модулей для потребителей, которым требуются смартфоны, цифровые камеры или другие устройства с высоким качеством изображения, разработчики систем питания сталкиваются с жесткими требованиями к уровню помех. По обеспечиваемому качеству питания SLG51000 превосходит как требования, предъявляемые к таким приложениям, так и любые решения, существующие сегодня на рынке, которые имеют значительно более высокие уровни выходных шумов и относительно низкий PSRR, особенно на высоких частотах.

Технические характеристики SLG51000 ставят регулятор в первый ряд в области решений для обработки изображений и питания датчиков. Он обеспечивает лучший в отрасли коэффициент подавления пульсаций питания 73 дБ на частоте 1 МГц и самые низкие выходные шумы 10 мкВ с.к.з. Каждый из семи каналов LDO регулятора способен отдавать выходной ток от 475 мА до 800 мА, а в режиме отключения вся микросхема



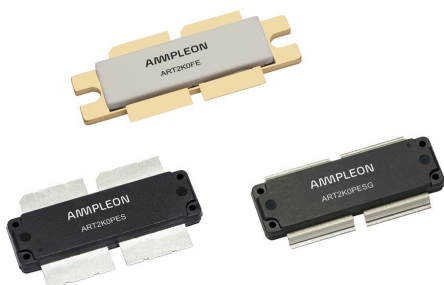
потребляет рекордно низкий ток менее 1 мкА. Это небольшое интегрированное решение для источников питания сокращает требуемую площадь печатной платы, а конфигурируемые параметры выходного напряжения, последовательности включения и располагаемых ресурсов удовлетворяют требованиям множества проектов, что сокращает время на повторное проектирование, закупку комплектующих и сертификацию.

Работая с SLG51000, инженеры могут создавать устройства с различными функциями и логикой управления для таких приложений, как настраиваемое управление питанием, сигнализация о неисправностях, преобразование входных сигналов и связующая логика. Все это можно настроить с помощью уникального графического интерфейса пользователя, что упрощает разработку создание устройств с использованием SLG51000.

Пока потребителям предлагаются для апробирования единичные образцы SLG51000, а массовое производство будет развернуто во второй половине 2019 года.

Ampleon выпустила первый в отрасли 2-киловаттный радиочастотный LDMOS транзистор повышенной надежности для приложений диапазона ISM

Компания Ampleon выпустила первый прибор в серии мощных радиочастотных устройств, основанных на технологии ART (Advanced Rugged Technology, Технология повышенной устойчивости) – производной от проверенного технологического процесса высоковольтных LDMOS девятого поколения. Новый процесс был разработан, чтобы обеспечить производство чрезвычайно устойчивых к внешним факторам транзисторов с рабочими напряжениями до 65 В.



Первый прибор серии – 2-киловаттный транзистор ART2K0FE, рассчитанный на работу в диапазоне частот от 0 до 650 МГц, – выпускается в керамическом корпусе с воздушной полостью. Он предназначен для того, чтобы противостоять самым суровым условиям, часто встречающимся в промышленных, научных и медицинских приложениях, в том числе для управления мощными CO₂-лазерами, генераторами плазмы и некоторыми подсистемами МРТ. Приборы могут использоваться в таких приложениях, поскольку способны выдерживать очень высоковольтные стоячие волны с КСВ до 65:1 при

напряжении 65 В, которые могут возникать при работе CO₂-лазеров и плазмотронов.

Устройства, созданные на основе техпроцесса ART, имеют высокие импедансы, что облегчает их интеграцию в продукты на этапе разработки и обеспечивает лучшую воспроизводимость характеристик при массовом производстве. Этот процесс также позволяет разрабатывать устройства, имеющие больший КПД, чем конкурирующие предложения LDMOS, и снижать эксплуатационные расходы конечных приложений за счет снижения тепловых потерь. Это, в свою очередь, увеличивает удельную мощность транзисторов и позволяет выпускать их в более дешевых корпусах меньших размеров, а значит, дает возможность уменьшить площадь печатной платы и, в конечном счете, снизить системные затраты.

Устройства ART имеют высокое пробивное напряжение, что помогает обеспечить их стабильную и надежную работу на протяжении всего срока службы. Кроме того, Ampleon гарантирует доступность устройств в течение 15 лет, предоставляя разработчикам возможность планирования на долгосрочную перспективу.

В настоящее время можно заказать единичные образцы транзистора ART2K0FE в полном керамическом корпусе, а также оценочные платы для разных рабочих частот. Кроме того, Ampleon предлагает транзистор ART2K0PE – версию в пластмассовом корпусе со сниженным тепловым сопротивлением. Начало серийного выпуска обоих вариантов прибора ожидается во второй половине 2019 года.

Ерson начала поставку образцов микросхем нового преобразователя интерфейсов для дисплейных систем автомобилей

S2D13V70 способствует эффективному внедрению дисплеев в автомобильные системы

Компания Seiko Epson разработала новую микросхему преобразователя интерфейсов для автомобильных систем, конвертирующую видеосигналы eDP (Embedded Display-Port) в OpenLDI (open LVDS display interface). Образцы преобразователя интерфейсов

S2D13V70 уже доступны для заказа. В дальнейшем Epson планирует выпускать 100,000 этих чипов в месяц.

И eDP, и OpenLDI являются стандартами интерфейса для доставки видеосигналов к дисплеям, но eDP поддерживает видео с



более высоким разрешением и более высокими скоростями, чем существенно шире используемый OpenLDI.

С насыщением автомобилей электрическими приборами и автоматикой производителям все чаще требуются дисплеи повышенного разрешения в таких системах, как приборные панели и центральные информационные экраны. По мере ускорения этой тенденции, растет популярность продуктов, поддерживающих интерфейс eDP, способный передавать видеосигналы с более высокой скоростью, прежде всего, в ЭБУ, управляющих дисплеями в автомобиле. С другой стороны, дисплеи транспортных средств, поддерживающие входы eDP, пока встречаются нечасто. Это значит, что, поскольку дисплеи подключены с использованием интерфейса OpenLDI, при разработке автомобильных систем сигналы eDP, выходящие из ЭБУ, должны быть преобразованы в OpenLDI.

С учетом вышесказанного, Epson разработала микросхему преобразователя интер-

фейсов S2D13V70, поддерживающую автомобильные стандарты. Новый продукт удовлетворяет строгим требованиям качества, предъявляемым к устройствам, используемым в автомобильной промышленности. Прибор отвечает предписаниям стандарта AEC-Q100 и работает при температурах до 105 °С.

Кроме того, микросхема преобразователя оснащена функциями безопасности, предписываемыми стандартами для систем автоэлектроники. Например, функция CRC контролирует правильность приема видеосигналов, выводимых из ЭБУ, а функция пустого экрана маскирует вывод изображений определенного характера, возникающих, когда обнаруживается проблема в тракте передачи между ЭБУ и микросхемой преобразователя.

Благодаря наличию функции разветвителя, микросхема поддерживает приборные панели с двумя дисплеями, выводя видеосигналы на два экрана.

Особенности продукта

- Микросхема преобразователя интерфейса eDP в OpenLDI, поддерживающая требования автомобильных стандартов;
- Расширенные функции безопасности (подключение SPI, циклические контрольные суммы (CRC), пустой экран);
- Функция разветвителя позволяет видео одинакового разрешения, вплоть до Full HD, выводить на два дисплея.

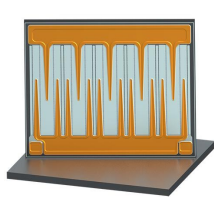
GaN Systems представляет самые сильноточные в отрасли мощные GaN транзисторы

650-вольтовые GaN E-HEMT с рабочими токами 150 А и 80 А для рынков электрических транспортных средств, накопителей энергии и приводов промышленных двигателей

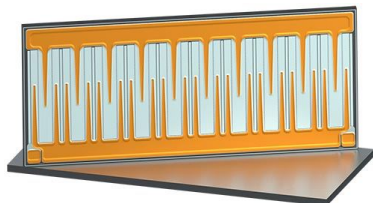
GaN Systems анонсировала самые сильноточные в отрасли 650-вольтовые GaN транзисторы с высокой подвижностью электронов (E-HEMT), добавив к своей линейке GaN продуктов 150-амперные приборы GS-065-

150-1-D и 80-амперные GS-065-080-1-D. В частности, транзистор 150 А/650 В превосходит любой другой силовой GaN транзистор, предлагаемый сегодня на рынке, как по току (80 А при 22 мОм), так и по сопротивлению (50 А при 18 мОм).

Эти продукты отвечают требованиям, предъявляемым к современным мощным системам, обеспечивающим достижение более высоких рабочих токов, более высоких значений КПД и меньших размеров и веса. Новые транзисторы с самыми большими рабочими токами среди всех выпускаемых



GS-065-080-1-D



GS-065-150-1-D

GaN продукты разработаны специально для удовлетворения нужд автомобилестроения, промышленности и рынка возобновляемой энергии. Список приложений новых транзисторов включает:

- Тяговые инверторы (от 75 кВт до 150 кВт) и бортовые зарядные устройства (от 6.6 кВт до 22 кВт) электрических транспортных средств;
- Системы хранения энергии и инверторы солнечных электростанций мощностью до 50 кВт и выше;

- Приводы и контроллеры промышленных двигателей мощностью до 10 кВт и выше.

Устройства продаются в виде кристаллов, предназначенных для монтажа в силовые модули различных конструкций. Покупатели могут использовать кристаллы в модулях для создания мощных полумостовых, полномостовых и трехфазных конфигураций с интегрированными схемами драйверов затворов, оптимизированных для дифференциации решений своих конечных потребителей.

IDT приступила к производству программируемых генераторов с низким джиттером для центров обработки данных и сетевых приложений

В устройствах ProXO программируемость сочетается с высокими техническими характеристиками, низкой потребляемой мощностью, гибкостью и наименьшими в отрасли размерами

Integrated Device Technology (IDT), 100% дочерняя компания корпорации Renesas Electronics, объявила о выпуске нового семейства ProXO программируемых генераторов тактовых импульсов со сверхнизким уровнем шума. Устройства ProXO выполняют критические важные функции синхронизации с низкими фазовыми шумами, необходимые для плат графических ускорителей, коммутаторов и маршрутизаторов 100G и 400G, а также оптических приемопередатчиков, используемых в центрах обработки данных, инфраструктуре связи и промышленных приложениях.



«Семейство IDT ProXO – это новое поколение тактовых генераторов с меньшими шумами, более компактных, гибких и со сниженным энергопотреблением, – сказал Крис Рауш (Kris Rausch), вице-президент и генеральный директор подразделения продуктов для синхронизации компании IDT. – Устрой-

ства оптимизируют эксплуатационные затраты, позволяя заказчику, пройдя процедуру сертификации лишь один раз, использовать их на нескольких платформах, требующих различных частот и стандартов выхода».

Устройства ProXO выпускаются в корпусах нескольких типов, включая самый миниатюрный в отрасли генератор с фазовым джиттером менее 120 фс в корпусе с размерами всего 2.5 мм × 2.0 мм. Высокий уровень программируемости новых устройств предоставляет разработчикам гибкость выбора любых частот, включая значения, недоступные на традиционных рынках. Устройства работают с входными напряжениями в диапазоне от 1.8 В до 3.3 В и позволяют выбирать выход любого из четырех типов: LVDS, CML, LVPECL и HSCL. Все эти функции и опции сэкономят значительное время проектирования и ускорят выход на рынок.

Встроенный резонатор устраняет необходимость во внешнем кристалле, сокращая требуемую площадь печатной платы. Аналоговое и цифровое управление частотой упрощает настройки для синхронизации со схемой восстановления данных и сглаживает переключение частоты, позволяя выполнять настройку на лету без перезапуска системы. Образцы приборов новых серий XF и XP, как и других приборов семейства ProXO, предоставляются для апробирования в течение двух недель.

Новые SBR диоды Diodes повысят КПД и надежность автомобильных световых приборов

Компания Diodes представила выпрямительные диоды с «супер барьером» (Super Barrier Rectifier – SBR) SBR10M100P5Q и SBR8M100P5Q, изготовленные по запатентованной Diodes оригинальной технологии. Новые приборы, отвечающие требованиям автомобильных стандартов, могут значительно сократить потери мощности и снизить рабочие температуры в автомобильных приложениях. Например, при использовании в качестве обратного диода в понижающе-повышающих DC/DC преобразователях драйверов дневных ходовых огней автомобилей эти устройства могут повысить КПД системы до 5% при одновременном снижении рабочих температур до 5 °С.



Диоды SBR10M100P5Q (10 А, 100 В) и SBR8M100P5Q (8 А, 100 В) отличаются низким прямым падением напряжения, ультра-

низким обратным током утечки и высокой скоростью переключения. В результате такого сочетания характеристик сокращение потерь в системе может достигать 30%. По сравнению с диодами с барьерами Шоттки, изготовленными по традиционной технологии, эти устройства, выделяя меньшее количество тепла, снижают стоимость охлаждающих компонентов и повышают надежность конечного продукта.

Технология SBR является прямой заменой существующих диодов Шоттки, поэтому, чтобы воспользоваться ее преимуществами, не нужна дорогостоящая переработка схемы.

SBR10M100P5Q и SBR8M100P5Q могут использоваться не только для управления ходовыми огнями, но и во многих других приложениях, обеспечивая более высокие значения КПД и уровни надежности по сравнению с диодами Шоттки в схемах защиты от переплюсовки, в устройствах коммутации и блокировки, а также в AC/DC и DC/DC преобразователях.

SBR диоды SBR10M100P5Q и SBR8M100P5Q отвечают нормам автомобильного стандарта AEC-Q101 и могут поставляться в соответствии с требованиями PPAP (Production Part Approval Process – процедура согласования производства комплектующих узлов и деталей). Диоды выпускаются в корпусах PowerDI5 с низким тепловым сопротивлением.

Vishay Intertechnology предлагает новые миниатюрные ИК приемники в корпусах Heimdall и Panhead

Новые устройства обеспечивают повышенную устойчивость к оптическим и радиочастотным помехам в приложениях дистанционного управления

Vishay Intertechnology представила две новые серии миниатюрных инфракрасных (ИК) приемных модулей для приложений дистанционного ИК управления. Устройства серий TSOP95xxx и TSOP96xxx, выпускаемые подразделением Vishay Semiconductors, отличаются повышенной чувствительностью приема инфракрасных сигналов в темноте и помехах, лучшим подавлением радиочастотных шумов и превосходной точностью определения ширины импульса.



Приемники предназначены для дистанционного ИК управления телевизорами, абонентскими приставками, аудиосистемами, кондиционерами, видеопроекторами, камерами, игровыми видеосистемами и многим другим. Устройства обеспечивают повышенную устойчивость к мешающему ИК излучению таких источников, как, например, люминесцентные лампы, а также к радиочастотному излучению встроенных Wi-Fi антенн. Повышенная точность обработки сигналов ШИМ позволяет снизить вероятность битовых ошибок практически для любого кода. Кроме того, устройства нечувствительны к изменениям и пульсациям напряжения питания.

Для простоты конструирования в приемники, помимо фотодетектора, интегрированы схема предварительного усилителя и ИК-

фильтр. Приборы выпускаются в четырехвыводных эпоксидных корпусах Heimdall (TSOP95xxx) и Panhead (TSOP96xxx). Доступны устройства с несущими частотами от 30 кГц до 56 кГц и пятью вариантами схем автоматической регулировки усиления (APU) для коротких и длинных кодовых посылок. Приемникам требуется низковольтный источник питания от 2.0 В до 3.6 В, от которого они потребляют типовой ток 0.37 мА. Приборы не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.

Единичные образцы и промышленные партии новых ИК приемных модулей доступны для приобретения. Срок поставки приборов составляет от четырех до шести недель.

Выпущенный Diodes контроллер USB PD поддерживает стандартные и фирменные протоколы Power Delivery

Компания Diodes сообщила о выпуске микросхемы контроллера USB Type-C PD (Power Delivery) – высокоинтегрированного решения для питания стационарных и портативных устройств, а также автономных адаптеров от разъема интерфейса USB. Микросхема AP43770 подходит для широкого круга приложений, в которых реализован стандарт USB PD, включая сетевые адаптеры переменного тока, зарядные станции, батарейные блоки и преобразователи USB PD. Прибор содержит встроенный микроконтроллер с прошивкой, совместимой с последними спецификациями USB Type-C и USB PD Rev. 3.0 V1.1. В устройство интегрирована поддержка технологии быстрой зарядки Quick Charge (QC) 4/4+ компании Qualcomm. Кроме того, включение QC3.0, QC2.0 и Battery Charging (BC) версии 1.2 и других устаревших протоколов с автообнаружением гарантирует поддержку обратной совместимости с существующим оборудованием.

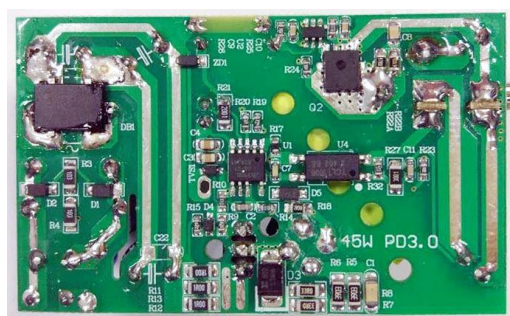
AP43770 поддерживает также функции программируемого источника питания (programmable power supply – PPS), представленные в последней версии спецификации USB PD. Функция PPS позволяет изменять выходное напряжение в соответствии с требованиями нагрузки; передача параметров происходит с использованием соответствующего



объекта данных дополнительной мощности (APDO). Поддержка PPS с APDO реализована в AP43770 с помощью выходного драйвера, способного работать в режимах стабилизации тока или напряжения, значения которых могут устанавливаться с шагом 50 мА до 6 А и с шагом 20 мВ от 3 В до 20 В, соответственно.

Стандартом USB PD предусмотрена передача больших уровней мощности, поэтому в активных кабелях все чаще используется технология идентификации кабеля e-Marker. AP43770 содержит все необходимые средства поддержки технологии e-Marker, чтобы обнаруживать и идентифицировать кабели до подачи питания. Предусмотрена также компенсация потерь в кабеле.

При подключении подходящего контроллера ШИМ, такого, например, как AP3108L



EV2 – оценочная плата 45-ваттного адаптера USB PD 3.0.

компании Diodes, AP43770 обеспечивает законченное решение USB PD. Устройство содержит также 8 КБ однократно программируемой памяти для хранения кода основной программы и многократно программируемую память (МТР) для пользовательских конфи-

гурационных параметров. Память МТР может использоваться для настройки параметров питания и протокола в соответствии с требованиями производителя.

AP43770 поставляется в компактном корпусе TSSOP-16.

Texas Instruments представила самый быстродействующий в отрасли 12-разрядный АЦП

Новый АЦП с полосой входного сигнала 8 ГГц и быстродействием 10.4 Гвыб/с охватывает широчайший частотный спектр для приложений 5G, осциллографов и радаров

Texas Instruments (TI) представила новый ультра высокоскоростной аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с самой широкой в отрасли полосой пропускания, наибольшей скоростью выборки и самым низким энергопотреблением. ADC12DJ5200RF поможет разработчикам в достижении высокой точности измерений в приложениях 5G и осциллографах, а также в устройствах прямой выборки сигналов радаров X-диапазона.

Наивысшая скорость измерений в самом широком спектре частот

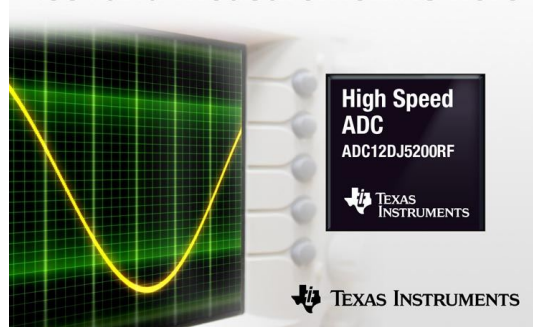
- **Самая широкая полоса пропускания:**

Полоса пропускания аналогового входа 8 ГГц – на 20% больше, чем у конкурирующих устройств, – дает инженерам возможность напрямую оцифровывать сверхвысокие частоты без потерь энергии, затрат и увеличения размеров, связанных с дополнительным понижающим преобразованием.

- **Самый быстрый 12-битный АЦП:**

В двухканальном режиме устройство обеспечивает скорость до 5.2 Гвыб/с и захват

The future of test and measurement is here



сигнала в мгновенной полосе, достигающей 2.6 ГГц при разрешении 12 бит. В одноканальном режиме максимальная скорость составляет 10.4 Гвыб/с при мгновенной полосе захвата до 5.2 ГГц.

- **Эффективный интерфейс:**

Являясь первым автономным АЦП гигагерцового диапазона, поддерживающим стандартный интерфейс JESD204C, ADC12DJ5200RF дает возможность минимизировать количество линий последовательно-параллельного преобразователя,

необходимых для вывода данных в ПЛИС, что позволяет разработчикам достигать более высоких скоростей передачи данных.

Наилучшие технические характеристики и самая высокая стабильность в условиях изменения напряжения питания и температуры

- **Самая высокая обнаружительная способность:**

ADC12DJ5200RF обладает наилучшими среди доступных приборов динамическими характеристиками, независимыми от вариаций напряжения питания, что повышает информативность сигнала, обеспечивая сверхвысокую чувствительность приемника для обнаружения даже самых слабых сигналов. Кроме того, для снижения уровня паразитных гармоник в устройство включена внутренняя схема дизеринга.

- **Наивысшая точность измерения:**

Погрешность смещения нового ультра высокоскоростного АЦП, составляющая всего ± 300 мкВ, и нулевой температурный дрейф значительно уменьшают системные ошибки.

- **Самая низкая частота кодовых ошибок:**

Благодаря чрезвычайно низкой частоте кодовых ошибок – в 100 раз лучшей, чем у конкурирующих устройств, – инженеры, разрабатывающие контрольно-измерительное оборудование, могут достичь высокой воспроизводимости измерений.

Сокращает размеры решения на 30%, а потребляемую мощность – на 20%

- **Более компактная конструкция:**

Корпус размером 10 мм × 10 мм занимает на плате на 30 процентов меньшую площадь, чем дискретные решения. Для этого нового сверхскоростного АЦП также требуется меньшее количество линий интерфейса, что позволяет дополнительно уменьшить размеры решения.

- **Самое низкое потребление мощности:**

Используя ADC12DJ5200RF, потребляющий мощность 4 Вт, что на 20% меньше, чем у конкурирующих АЦП, инженеры могут снизить тепловыделение и упростить управление тепловыми режимами.

ADC12DJ5200RF совместим по выводам с выпускаемыми TI гигагерцовыми АЦП ADC12DJ3200, ADC12DJ2700 и ADC08DJ3200, обеспечивая простое и не требующее затрат времени и денег на перепроектирование наращивание производительности с 2.7 Гвыб/с до 10.4 Гвыб/с.

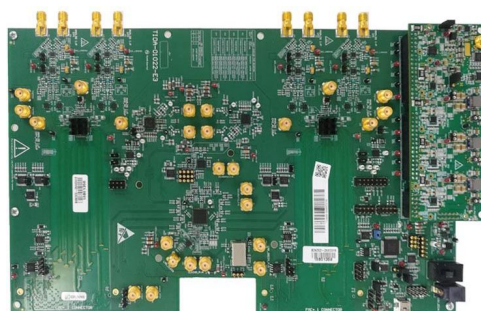
Инструменты и средства поддержки разработки

Проверить работу ультра высокоскоростного АЦП можно с помощью оценочных модулей ADC12DJ5200RFEVM и TSW14J57EVM, которые в настоящее время имеются на складе TI и у официальных дистрибьюторов компании.



Оценочный модуль ADC12DJ5200RFEVM 12-разрядного двух- или одноканального преобразователя.

Запустить свои проекты на основе ADC12DJ5200RF инженерам поможет TIDA-010128 – типовой проект масштабируемого 12-разрядного преобразователя со скоростью выборки 20.8 Гвыб/с.



Типовой проект TIDA-010128 масштабируемого 12-разрядного преобразователя со скоростью выборки 20.8 Гвыб/с.

Доступность и корпус

Образцы двух- и одноканальных ультра высокоскоростных АЦП ADC12DJ5200RF можно заказать на складе TI. Устройства выпускаются в корпусе на основе перевернутого кристалла (FCBGA) со 144 шариковыми контактами, имеющим размеры 10 × 10 мм.

Революционная технология MERUS на рынке аудиосистем: Infineon выпускает микросхемы многоуровневых усилителей класса D

Infineon Technologies запускает свой бренд MERUS, объединяя «под одной крышей» существующий портфель многокристальных модулей и дискретных аудио продуктов. Бренд укрепит уверенность потребителей в том, что они имеют дело с лучшими в мире микросхемами для усиления звука, которые

- создают звук в динамиках, а не тепло в окружающей среде;
- должны быть слышны, но не видны;
- миниатюрные и легкие, а не большие и тяжелые;
- должны быть прочными и гибкими, а не деликатными и капризными.



Следуя этим принципам, Infineon представляет семейство исключительно высокоэффективных монокристаллических решений для усилителей класса D, которые выводят качество звука на новый уровень.

Основой этих решений является новая технология многоуровневой коммутации для аудиоусилителей класса D. Установка нового эталона на рынке аудио положительно повлияет на оценку таких параметров усилителя, как энергопотребление, размеры решения, качество звука, электромагнитные помехи и стоимость материалов. В результате появляется возможность реализации до пяти уровней модуляции выходного сигнала. По сравнению с традиционными аналогами, в многоуровневых усилителях используются дополнительные встроенные MOSFET и конденсаторы, позволяющие получать на выходе сигналы с более высокой степенью детализации, то есть с более высокими частотами переключения и масштабируемыми уровнями. Это приводит к многократному снижению размеров и практически полному отсутствию коммутационных потерь в режиме ожидания.

Опираясь на вышесказанное, Infineon анонсирует четыре интегральных многоуровневых аудиоусилителя MA12040/MA12040P и MA12070/MA12070P, каждый из которых выпускается в двух версиях. Энергопотребление микросхем находится в диапазоне 250 мВт. По этой причине они хорошо подходят для портативных устройств с батарейным питанием и приложений со сложными тепловыми условиями, отвечая главным требованиям, предъявляемым к компонентам для современных аудиоприложений.

Традиционные усилители класса D эффективны только при самых высоких уровнях громкости музыки, когда нелинейные искажения увеличиваются до максимальных значений. В реальных ситуациях прослушивания аудио они потребляют значительно больше входной мощности (в среднем примерно 1 Вт), чем микросхемы многоуровневых аудиоусилителей MERUS первого поколения (порядка 0.25 Вт).

Представленные устройства поддерживают до четырех каналов, которые могут быть сконфигурированы для работы в режиме параллельной мостовой нагрузки, мостовой нагрузки или в несимметричном режиме. Соответственно, одна микросхема может отдавать пиковую мощность до 160 Вт (максимум 16 А) в одном канале с параллельной мостовой нагрузкой, или, например, ее можно сконфигурировать как систему с двумя высокочастотными динамиками по 20 Вт, включенными несимметрично, и одним низкочастотным динамиком 40 Вт в мостовом включении. Кроме того, устройства содержат усовершенствованную цифровую схему управления питанием и отличаются низкими уровнями гармонических искажений (0.003%) и электромагнитных излучений.

Многоуровневая технология позволяет создавать конструкции без теплоотводов и выходных фильтров. Благодаря меньшему количеству компонентов и минимальным требованиям к охлаждению, это снижает стоимость материалов и общие системные затраты. В микросхемах MA12040/P и MA12070/P реализован ряд функций безо-

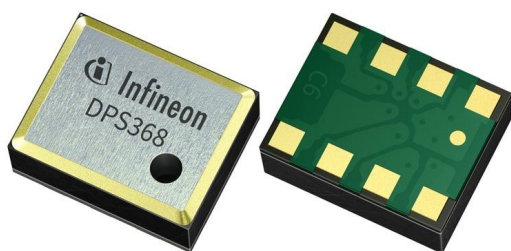
пасности, включая блокировку при пониженном напряжении, защиту от перегрузки по току, короткого замыкания и протекания постоянного тока, а также предупреждение о перегреве. Микросхемы многоуровневых усилителей класса D MERUS выпускаются в 64-контактных корпусах QFN с теплоотводящим основанием, вскрытым для снижения теплового сопротивления.

Доступность

Семейство полностью интегральных аудио микросхем класса D семейства MERUS состоит из приборов с аналоговыми аудио входами MA12040 и MA12070, а также из версий с цифровыми аудио входами I²S – MA12040P и MA12070. Все четыре устройства уже доступны для заказа.

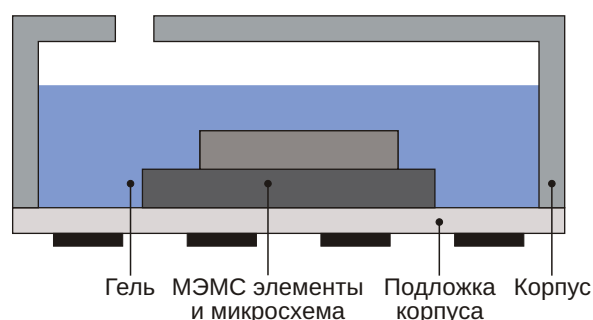
Infineon приступает к производству ультраминиатюрного датчика атмосферного давления, защищенного от воды, пыли и влаги

Infineon Technologies начала производство миниатюрных цифровых датчиков барометрического давления, способных измерять как давление, так и температуру. Приборы DPS368 обеспечивают исключительно высокую точность ± 2 см и низкое потребление тока при измерениях высоты, воздушного потока и движений тела. Это делает датчики идеально подходящими для мобильных приложений и носимых устройств с функциями, например, отслеживания активности и навигации. Кроме того, датчики могут использоваться в бытовой технике для управления воздушным потоком, в дронах для стабилизации полета и в медицинских устройствах, таких как интеллектуальные ингаляторы.



Благодаря прочному корпусу, прибор выдерживает один час нахождения под водой на глубине 50 м (IPx8) и обеспечивает защиту чувствительных элементов от пыли и влажности. Кроме того, это упрощает сборку платы на производственной линии. 8-контактный корпус LGA с размерами 2.0 × 2.5 × 1.1 мм экономит до 80 процентов площади платы по сравнению с другими водонепроницаемыми датчиками.

Чувствительный элемент датчика давления основан на емкостном принципе, гаран-



Схематическое изображение корпуса датчика DPS368.

тирующем высокую точность даже при изменении температуры. Внутренний сигнальный процессор преобразует выходные сигналы датчиков давления и температуры в 24-разрядные цифровые коды. Для высокой точности преобразования используются калибровочные коэффициенты, хранящиеся в памяти датчика. Большая частота измерений до 200 Гц и высокая скорость считывания DPS368 обеспечивают быструю обратную связь в системе. Интегрированный буфер FIFO может хранить до 32 результатов измерений, внося вклад в снижение потребляемой мощности на уровне системы.

Средний ток, потребляемый датчиком XENSIV DPS368 при измерении давления с



Плата расширения для Arduino с датчиком DPS368.

частотой 1 Гц, составляет 1.7 мкА. В режиме покоя ток снижается до 0.5 мкА. Датчик измеряет значения давления в диапазоне от 300 до 1200 гПа и температуры в диапазоне от -40 до +85 °С с погрешностью не хуже ±0.5 °С. Результаты измерений и калибро-

вочные коэффициенты можно прочитать через интерфейсы I²C или SPI.

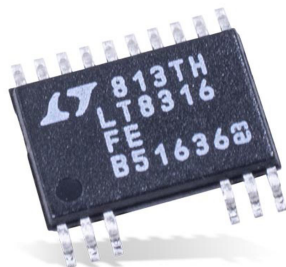
Доступность

Датчики давления и температуры XENSIV DPS368 доступны для заказа.

Контроллер 100-ваттного обратноходового преобразователя работает при входных напряжениях от 16 до 600 В

PowerPulse

Analog Devices/Powered by Linear представила контроллер высоковольтного обратноходового преобразователя, для управления которым не требуется оптоизолятор.



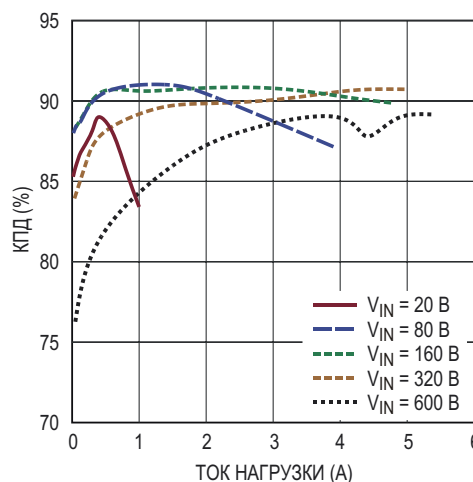
Микросхема LT8316 получает информацию о выходном напряжении на основе обратноходового сигнала, получаемого с третьей обмотки трансформатора.

Перечень типичных приложений контроллера включает изолированные источники питания для телекоммуникационного, автомобильного, промышленного и медицинского оборудования, изолированные автономные источники питания бытового назначения, электрические транспортные средства и аккумуляторные батареи, а также многоканальные изолированные источники питания для драйверов затворов инверторов.

Работа в квазирезонансном граничном режиме улучшает стабилизацию нагрузки, уменьшает размер трансформатора и помогает поддерживать высокий КПД.

При включении питания высоковольтный источник тока заряжает конденсатор, подключенный к выводу INTV_{CC} микросхемы LT8316. В нормальном режиме работы источник тока выключается, и устройство потребляет энергию от третьей обмотки трансформатора, минимизируя мощность, рассеиваемую в режиме ожидания.

LT8316 работает от источников питания с широким диапазоном напряжений от 16 В до 600 В и может отдавать в нагрузку мощность до 100 Вт. Прибор выпускается в 20-выводном корпусе TSSOP со сниженным тепловым сопротивлением, четыре вывода которого удалены для создания защитного высоковольтного промежутка.



Зависимость КПД от тока нагрузки.

LT8316 может работать либо в квазирезонансном режиме критической проводимости, либо, при легкой нагрузке, в режиме генерации пачек с низким уровнем пульсаций. Предусмотрено программирование параметров мягкого старта и порога ограничения тока. Собственный ток потребления обратноходового контроллера составляет 75 мкА.

Технические характеристики

- Широкий диапазон входных напряжений: от 15 В до 600 В;
- Мощность в нагрузке до 100 Вт;

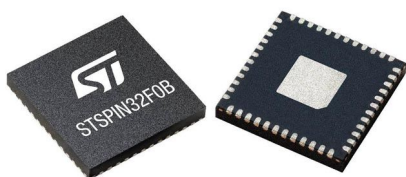
- Для стабилизации выхода не требуется оптоизолятор;
- Работа в квазирезонансном режиме критической проводимости;
- Режимы стабилизации тока и напряжения;
- Режим генерации пачек с низким уровнем пульсаций при легкой нагрузке;

- Низкий собственный ток потребления: 75 мкА;
- Программируемые параметры ограничения тока и мягкого запуска;
- Корпус TSSOP с увеличенным расстоянием между высоковольтными выводами.

STMicroelectronics расширяет семейство программируемых контроллеров двигателей новой системой в корпусе

STMicroelectronics (ST) расширила семейство программируемых контроллеров двигателей, выпустив систему в корпусе (СвК) STSPIN32F0B для бюджетных приложений с одним токоизмерительным шунтом. Новый контроллер мотора является идеальным универсальным решением для растущего рынка аккумуляторных электроинструментов.

Programmable 3-phase BLDC motor controller
All-in-one solution for power tools



Измерение тока двигателя с помощью единственного операционного усилителя, интегрированного в STSPIN32F0B, позволяет отказаться от отдельных токоизмерительных резисторов в каждой из трех фаз и делает доступными для пользователя дополнительные входы/выходы. Новая СвК содержит 48-мегагерцовый микроконтроллер STM32F031x6, способный выполнять алгоритм шестиступенчатого управления двигателем, а также поддерживать другие функции прикладного уровня.

20 входов/выходов общего назначения STSPIN32F0B обеспечивают легкий доступ к внутренним периферийным устройствам микроконтроллера, которые включают до пяти универсальных таймеров, 12-разрядный АЦП и датчик температуры. Кроме того, микроконтроллер поддерживает интерфейсы I²C, UART и SPI.

СвК STSPIN32F0B содержит три полумостовых драйвера затворов, способных отдавать токи до 600 мА на канал во внешние MOSFET, управляющие мотором. Кроме того, понижающий DC/DC преобразователь 3.3 В и 12-вольтовый LDO регулятор обеспечивают питание микроконтроллера, драйверов затворов и внешних компонентов, дополнительно сокращая число необходимых элементов и повышая общую эффективность системы.

Дополнительные встроенные функции включают в себя бустерные диоды для надежного запуска и защитные механизмы, обеспечивающие надежную работу даже в сложных промышленных условиях. В их число входят программируемые в реальном времени параметры защиты от токовой перегрузки, предупреждение возникновения сквозных токов, блокировка всех источников питания при пониженном напряжении и защита от перегрева.

ST предоставляет возможность выбора готовых к использованию шестиступенчатых алгоритмов управления сенсорными и бес-



Оценочная плата шестиступенчатого драйвера бесщеточного двигателя для приложений, основанных на контроллере STSPIN32F0B.

сенсорными бесщеточными двигателями постоянного тока, входящих в полный набор аппаратных средств, программ и прошивок, упрощающих и оптимизирующих разработку новых продуктов на основе приборов семейства STSPIN32. Кроме того, доступ к встроенному в STM32 загрузчику позволяет выполнять обновления прошивки по беспроводной сети, что повышает гибкость и снижает эксплуатационные затраты.

STSPIN32F0B имеет расширенный диапазон напряжений питания от 45 В до 6.7 В, что позволяет использовать его в самых раз-

ных приложениях, включая портативные устройства, работающие от двух литий-полимерных (LiPo) элементов. Чтобы снизить потребление мощности при остановленном моторе, и таким образом увеличить срок службы батарей, предусмотрен режим ожидания, когда запрещена работа всех схем, кроме DC/DC преобразователя, питающего микроконтроллер.

STSPIN32F0B уже выпускаются серийно в компактном корпусе QFN размером 7 мм × 7 мм и в партиях из 1000 приборов продаются по цене \$1.605 за штуку.

Littelfuse расширяет серию цифровых индикаторов температуры, предназначенных для защиты кабелей USB Type-C

Littelfuse анонсировала расширение своей серии цифровых индикаторов температуры PolySwitch setP, предназначенных для защиты зарядных кабелей USB TypeC и USB PD от опасного перегрева. Новейшее дополнение к семейству продуктов – SETP0805-100-CC – оптимизировано для использования в кабелях, оснащенных разъемами USB Type-C на обоих концах.



Типичные области применения индикаторов температуры SETP0805-100-CC включают бытовую электронику, прежде всего для мобильных и носимых устройств, оснащенных:

- Кабелями USB Type-C (с вилкой на обоих концах);
- Зарядными устройствами USB Type-C (такими как фиксированные или невыпадающие кабели, идущие к сетевому адаптеру ноутбуков).

Если пыль или грязь попадают в разъем кабеля USB Type-C, или если в разьеме имеются деформированные контакты, это создает резистивный отказ (короткое замыкание

через большое активное сопротивление от линии питания к земле), который может вызвать опасное повышение температуры без увеличения тока. Когда температура достигает температуры индикации setP (100 °C), прибор резко переключается из состояния очень низкого сопротивления в очень высокое сопротивление, отключая поток энергии. После того как пользователь отсоединит кабель и удалит загрязнение, кабель может возобновить нормальную работу.

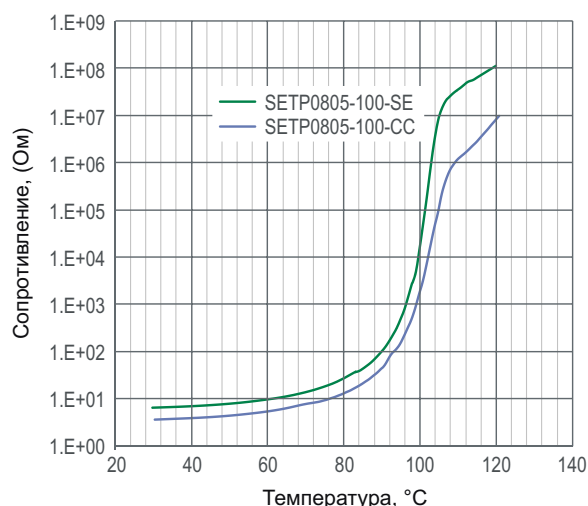


График зависимости сопротивления от температуры.

Компактные индикаторы температуры setP (типоразмер 0805), по крайней мере, на 50% меньше других решений, требующих размещения устройства на питающем проводе. Устройства setP могут использоваться

для защиты кабелей, рассчитанных на передачу мощности 100 Вт или больше.

Основные преимущества индикаторов температуры setP

- Компактность и чувствительность к температуре упрощают поддержание безопасной для пользователей температуры кабеля.
- Прочная конструкция совместима со стандартными операциями сборки и формирования, используемыми при изготовлении кабелей и разъемов.
- Независимость от пропускаемой мощности упрощает выбор компонентов и позво-

ляет защищать системы, работающие при уровнях мощности 100 Вт или более.

- Неразрывность канала связи делает setP простым решением для надежной защиты от перегрева существующих конструкций.

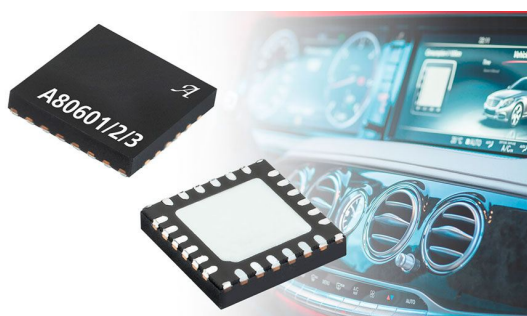
Доступность

Как исходный цифровой индикатор температуры серии setP – SETP0805-100-SE (предназначенный для установки на одном конце кабеля), так и новая версия SETP0805-100-SS поставляются в блистерной ленте, упакованными по 4,000 штук. Минимальная норма заказа составляет 20,000 приборов. Образцы для апробирования можно запросить у официальных дистрибьюторов Littelfuse по всему миру.

В новейшем семействе драйверов светодиодов компании Allegro решена проблема акустических шумов

Семейство устройств в миниатюрных корпусах 4 × 4 мм обеспечивает сверхширокий диапазон ШИМ-регулирования

Allegro MicroSystems анонсировала новейшее семейство усовершенствованных драйверов светодиодной подсветки. В устройствах семейства A8060x реализована инновационная и запатентованная технология управления с упреждающим импульсом (Pre-Emptive Boost – PEV), устраняющая помехи, частота которых обычно находится в звуковом диапазоне.



PEV-управление в микросхемах семейства A8060x существенно уменьшает пульсации выходного напряжения и устраняет типичную проблему акустических шумов, производимых керамическими выходными конденсаторами при ШИМ-регулировании, а также в целом требует меньшей выходной емкости. При использовании только ШИМ-регулирования с частотой 200 Гц соотношение максимальной и минимальной яркости

может достигать 15,000:1. При совместном использовании аналогового и ШИМ диммирования возможно получить еще большую глубину регулировки – до 150,000:1.

В микросхемы ALT80600 и A80603, помимо импульсного преобразователя, интегрированы MOSFET и четыре источника втекающего тока, тогда как A80601 и A80602, рассчитанные на более высокую выходную мощность, управляют внешним силовым МОП-транзистором. Все устройства могут быть сконфигурированы как повышающие или SEPIC преобразователи для охвата широкого спектра приложений. При проектировании импульсных преобразователей ставилась задача минимизации электромагнитных излучений, для чего в них были реализованы функции программирования частоты преобразования, управления скоростью нарастания и программирования дизеринга. Кроме того, выход тактовой частоты позволяет синхронизировать другие импульсные преобразователи с частотой переключения A8060x, чтобы снизить уровень электромагнитных помех, создаваемых всей системой.

Семейство устройств A8060x идеально подходит для всех видов автомобильной подсветки, включая аудио- и видеосистемы, а также приборные панели и системы индика-

ции на лобовом стекле. Микросхемам требуется один источник питания с напряжением от 4.5 до 40 В, причем после запуска устройства могут продолжать работу при снижении напряжения до 3.9 В. Это позволяет драйверам выдерживать стартстопный режим, холодный пуск и сброс нагрузки, характерные для автомобильных систем, а также работать в транспортных средствах с двумя аккумуляторными батареями.

A8060x – это семейство надежных микросхем с множеством функций безопасности и

защиты, необходимых для электронных устройств автомобилей. AL780600 и A80603 управляют четырьмя цепочками светодиодов с током до 120 мА в каждой и суммарным током до 480 мА. A80601 и A80602 обеспечивают общий ток до 840 мА в 4 или 6 цепочках, соответственно.

Устройства выпускаются в компактных корпусах QFN-24 со смачиваемыми торцами контактов и вскрытым теплоотводящим основанием кристалла, имеющих размеры 4 × 4 мм – меньше, чем у прямых конкурентов.

Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии?



Александр Русу, Одесса, Украина

Проектирование преобразователей электрической энергии требует от специалиста четкого понимания всех процессов, происходящих в их силовой части. В отличие от преобразователей сигналов (усилителей, модуляторов, АЦП и пр.), для создания которых в большинстве случаев достаточно быть профессионалом лишь в области электроники, для разработки преобразователей ЭНЕРГИИ кроме этого необходимо неплохо разбираться в физике и иметь широкий кругозор в области электротехнических и магнитных материалов. Именно поэтому разработчики

источников питания всегда пользовались, и будут пользоваться заслуженным уважением среди электронщиков.

Но, как показывает практика, чтобы в этой области выйти на высокий уровень профессионализма, необходимо не только много работать, но и, к сожалению, сжечь не одну коробку транзисторов, диодов и других недорогих электронных компонентов. Конечно, ошибки всегда можно списать на недостаток опыта или специфику разработки устройств силовой электроники, однако, анализируя свои собственные неудачи, мне приходится

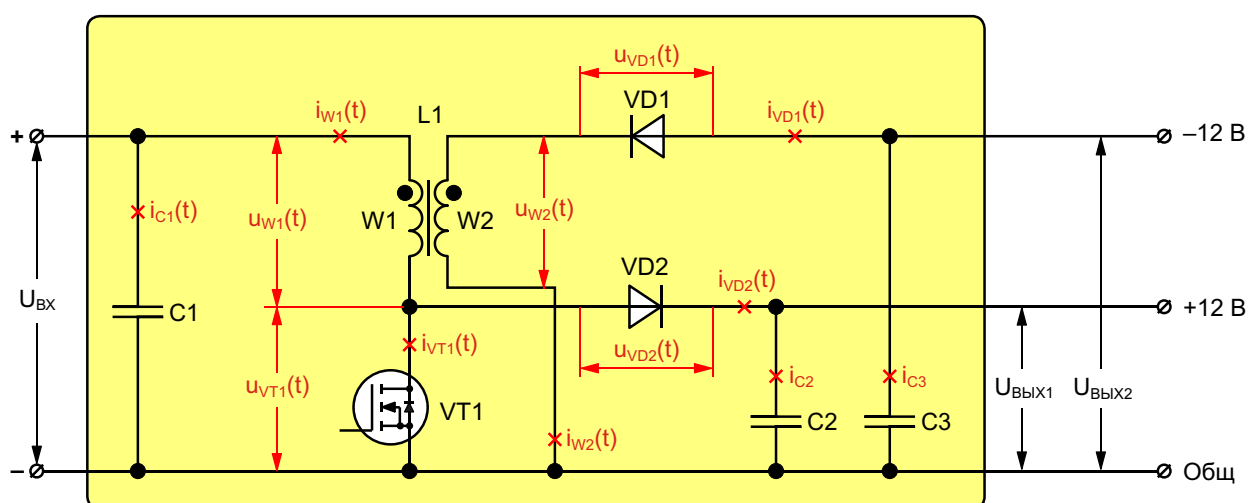


Рисунок 1. Схема силовой части преобразователя.

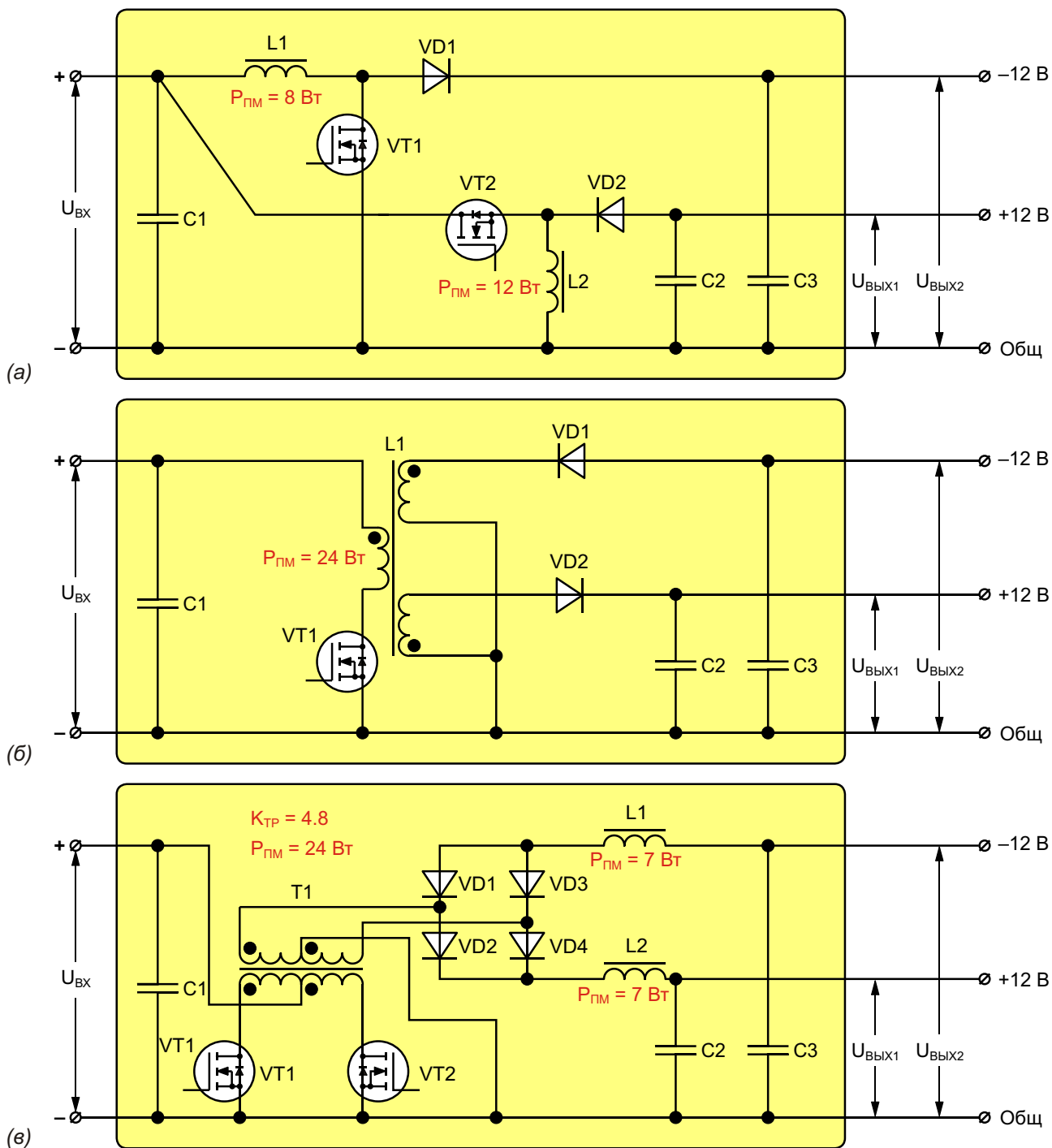


Рисунок 2. Варианты построения силовой части преобразователя, удовлетворяющие техническому заданию: на основе двух независимых преобразователей (а), на основе обратноходовой схемы (б), с двойным преобразованием энергии (в).

признать, что на сегодняшний день процесс импульсного преобразования электрической энергии до сих пор системно нигде не описан, что и является причиной многих, порой очень досадных инцидентов.

В свое время я прочитал (и продолжаю этим заниматься до сих пор) немало книг, статей и других материалов, посвященных

этому вопросу. Должен признать, что их авторы всегда честно пытались описать импульсный процесс преобразования с помощью самых различных моделей, точность которых иногда была порой избыточна, а методы анализа – в прямом смысле слова удивительными. Однако самостоятельная практика показала, что в понимании самого процесса им-

пульсного преобразования все еще много «белых пятен» – вопросов, которые по разным причинам еще не нашли отражения в литературе. И тогда оставалось только действовать самому, ища нужные ответы. Правильные решения в виде работающих схем отправлялись заказчику, а неправильные – в коробку со сгоревшими деталями. Вот и получается, что опыт разработчика импульсных источников питания до сих пор состоит из двух приблизительно равных частей: известной, но, к сожалению, ограниченной теоретической базы и собственных «шишек», полученных за время работы.

Я искренне надеюсь, что эта статья сможет изменить это соотношение, уменьшив число «белых пятен», а значит – и количество времени, необходимое для формирования квалифицированного специалиста в области импульсного преобразования электрической энергии. Для этого я написал ее в формате примера расчета одной нестандартной схемы преобразователя (Рисунок 1). В этом примере последовательно по шагам описаны все основные этапы проектирования силовой части «с нуля», с акцентированием внимания на тех вопросах, ответы на которые в свое время мне пришлось искать самому. К сожалению, формат журнальной статьи имеет свою специфику, поэтому полный расчет от технического задания до прототипа здесь приводится. Да он на данном этапе и не нужен, поскольку большинство нерассмотренных вопросов либо интуитивно понятны, либо настолько хорошо освещены в известной литературе, что их грубое копирование здесь только бы навредило данному материалу.

И еще, целью статьи не является расчет схемы Рисунок 1. Целью статьи является описание ПРОЦЕССА расчета. Это означает, что данную методику можно применить не только для DC/DC преобразователей, как в приведенном примере, но и для широкого круга устройств: инверторов, выпрямителей, корректоров коэффициента мощности, преобразователей переменного напряжения и даже сглаживающих фильтров. Дело в том, что физические принципы импульсного преобразования электрической энергии с помощью индуктивных компонентов не зависят от того, в каких узлах они используются, поэтому порядок расчета в любом случае остается тем же, только нужно правильно подставить исходные данные.

Техническое задание

Прежде чем брать в руки калькулятор, нужно вначале определиться с тем, что должно получиться в итоге. Пусть нам необходим преобразователь, который из постоянного напряжения, изменяющегося в диапазоне от $U_{ВХ_MIN} = 4$ В до $U_{ВХ_MAX} = 6$ В (номинальное напряжение при этом равно $U_{ВХ} = 5$ В), должен сделать двуполярное напряжение $U_{ВЫХ1} = +12$ В и $U_{ВЫХ2} = -12$ В с максимальным током каждого канала $I_{ВЫХ1} = I_{ВЫХ2} = 1$ А. Гальваническая развязка входа и выходов не требуется.

Конечно, поставленную задачу можно было бы решить множеством других способов, некоторые из которых показаны на рисунке (Рисунок 2). Но схема Рисунок 1, во-первых, привлекает своим изяществом, а во-вторых, на этом примере можно показать всю последовательность действий в нестандартных ситуациях.

Определение величины преобразуемой мощности

С чего нужно начинать расчет? Самым главным параметром любого источника питания является мощность. Именно от нее напрямую зависят все остальные параметры преобразователя, в том числе масса, габариты и стоимость. В данном случае выходную мощность $P_{ВЫХ}$ можно легко определить как сумму мощностей обоих каналов:

$$P_{ВЫХ} = P_{ВХ1} + P_{ВХ2} = U_{ВЫХ1} I_{ВЫХ1} + U_{ВЫХ2} I_{ВЫХ2} \quad (1)$$

$$12 \cdot 1 + 12 \cdot 1 = 24 \text{ Вт},$$

где $P_{ВЫХ1}$, $P_{ВЫХ2}$ – соответственно, выходная мощность первого и второго канала.

Однако на самом деле на массу, габариты и стоимость ключевое влияние оказывает не выходная, а преобразуемая мощность $P_{ПМ}$ – скорость передачи энергии через магнитные или электрические поля элементов, изменяющих параметры электрической энергии. В нашем примере это процесс происходит в дросселе L1, поэтому именно от его режима работы зависят все остальные параметры схемы.

В общем случае, величина преобразуемой мощности может быть меньше мощности преобразователя. Это связано с тем, что за счет особенностей схемотехники силовой части часть энергии поступает в нагрузку непосредственно из источника первичного

питания (с входа преобразователя), минуя магнитное поле дросселя. Этот вопрос подробно рассмотрен в [1], где и получены формулы, позволяющие рассчитать величину $P_{ПМ}$ для четырех наиболее распространенных («базовых») схем:

$$P_{ПМ} = P_{ВЫХ} \quad \text{для инвертирующей и обратноходовой,}$$

$$P_{ПМ} = P_{ВЫХ} \cdot 1 \cdot \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \quad \text{для понижающей,} \quad (2)$$

$$P_{ПМ} = P_{ВЫХ} \cdot 1 \cdot \frac{U_{ВХ}}{U_{ВЫХ}} \quad \text{для повышающей.}$$

где $U_{ВХ}$, $U_{ВЫХ}$ – соответственно, напряжение на входе и выходе преобразователя.

Наша схема, на первый взгляд, не является ни одной из «базовых», однако посмотрим на нее внимательно. Если мысленно убрать из нее все элементы, относящиеся ко второму каналу преобразования (обмотку $W2$, $VD1$, $C3$), то останется классический повышающий преобразователь, а если убрать элементы первого канала ($VD2$, $C2$) – то обратноходовой (Рисунок 3).

Для первого канала (повышающая схема) преобразуемая мощность $P_{ПМ1}$ зависит от соотношения напряжений на входе и выходе, причем, чем больше разница напряжений, тем больше $P_{ПМ1}$. Определим эту величину для худшего случая – при минимальном входном напряжении $U_{ВХ_MIN}$:

$$P_{ПМ1} = P_{ВЫХ1} \cdot 1 \cdot \frac{U_{ВХ_MIN}}{U_{ВЫХ1}} = 12 \cdot 1 \cdot \frac{4}{12} = 8 \text{ Вт.} \quad (3)$$

Во втором канале (обратноходовая схема) вся энергия проходит через магнитное поле дросселя, поэтому преобразуемая мощность $P_{ПМ2}$ не зависит от соотношения напряжений на входе и выходе:

$$P_{ПМ2} = P_{ВЫХ2} = 12 \text{ Вт.} \quad (4)$$

Магнитопровод дросселя $L1$ является общим для двух каналов, поэтому, используя принцип суперпозиции, суммарную преобразуемую мощность $P_{ПМ}$ можно представить в виде суммы преобразуемых мощностей первого и второго каналов:

$$P_{ПМ} = P_{ПМ1} + P_{ПМ2} = 8 + 12 = 20 \text{ Вт.} \quad (5)$$

Сравнивая результаты расчетов по формулам (1) и (5), видим, что $P_{ПМ} < P_{ВЫХ}$. Недостающие 4 Вт за счет электрической связи поступают в нагрузку первого канала напрямую с входа без каких-либо преобразований. Это позволяет сделать нашу схему почти на 17% меньше и легче, чем в случае включения обоих каналов по обратноходовой схеме (Рисунок 2б). Кстати, если у читателя есть желание попрактиковаться в расчетах преобразуемой мощности, то на Рисунке 2 приведены результаты расчетов $P_{ПМ}$, для всех индуктивных компонентов, которые можно использовать для самопроверки.

Определение максимального количества преобразуемой энергии

Итак, через магнитопровод дросселя $L1$ должна проходить энергия со скоростью $P_{ПМ}$.

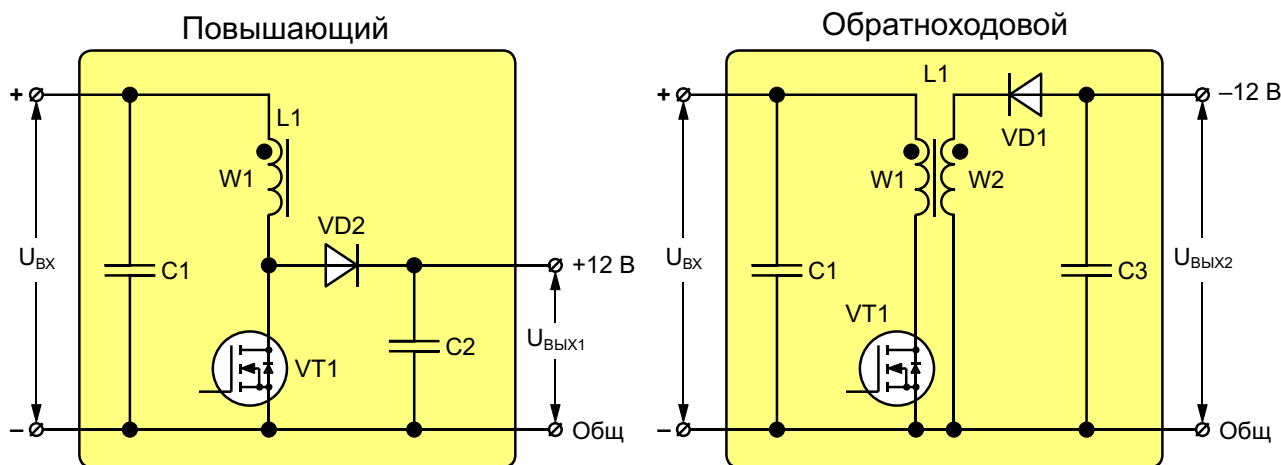


Рисунок 3. Разделение схемы (Рисунок 1) на элементарные «базовые» преобразователи.

Дроссель, в отличие от трансформатора, работает по принципу «взял-сохранил-отдал» (чем отличается дроссель от трансформатора, подробно описано в [2 – 4]). Максимальное количество энергии W_{MAX} , которое должно накапливаться в магнитном поле, можно определить по упрощенной формуле:

$$W_{MAX} = \frac{P_{ПМ}}{N_{П}}, \quad (6)$$

где $N_{П}$ – количество циклов преобразования за секунду.

А как определить $N_{П}$? К сожалению, однозначного ответа на этот вопрос нет, поскольку этот параметр напрямую зависит от метода управления силовой частью. Если преобразователь будет работать с фиксированной частотой $F_{П}$, например, при использовании классического ШИМ-контроллера с управлением по напряжению, тогда все просто – $N_{П} = F_{П}$. Если частота преобразования изменяется в зависимости от тока нагрузки, например, при использовании ЧИМ-контроллера с управлением по току, то $N_{П}$ должен быть равен минимальной частоте преобразования $F_{П_MIN}$ при максимальной мощности $P_{ВЫХ_MAX}$. Более сложно определить W_{MAX} при использовании гистерезисных методов управления. В этом случае необходимо тщательно изучить техническую документацию на используемый контроллер и разобраться во всех тонкостях его работы.

Кроме того, ситуация усугубляется наличием колебаний входного напряжения, токов нагрузок, аварийных режимов, а также частотными характеристиками цепей обратной связи. Переходные процессы, возникающие, например, при резком уменьшении потребляемой мощности или перегрузке преобразователя по току, могут привести к «перезаряду» дросселя, когда реальное количество накопленной в нем энергии превысит расчетное значение W_{MAX} , а это значит, что в схеме возникнут экстратоки, и она может выйти из строя.

К сожалению, правильный выбор W_{MAX} , приблизительное значение которого можно определить по формуле (6), во многом зависит от опыта и интуиции разработчика. На этом этапе можно дать лишь общую рекомендацию – используйте запас. Пусть дроссель будет немного большего размера, но зато схема не выйдет из строя в самый неподходя-

щий момент. Причем, чем меньше опыта у разработчика, тем большим должен быть запас. Впоследствии, когда будут решены все остальные вопросы, к этому этапу можно будет вернуться и провести необходимую оптимизацию.

Пусть в нашем случае будет использоваться классический ШИМ-контроллер с управлением по напряжению, работающий на частоте $F_{П} = 100$ кГц, тогда:

$$W_{MAX} = \frac{P_{ПМ}}{F_{П}} = \frac{20}{100 \cdot 10^3} = 0.2 \text{ мДж}. \quad (7)$$

Учитывая наличие перегрузок по току, переходных процессов и прочих «неприятностей» (а также отсутствие опыта), возьмем 50% запас по энергетической емкости и в дальнейших расчетах примем $W_{MAX} = 0.3$ мДж.

Выбор материала магнитопровода

Количество существующих магнитопроводов индуктивных элементов вызывает ощущение легкой паники, особенно у начинающих разработчиков. Чтобы избежать этого неприятного чувства, нужно руководствоваться простым правилом: ориентируйтесь на те материалы, которые можно купить. Для этого нужно вначале внимательно изучить ассортимент доступных в вашем регионе поставщиков, а еще лучше – связаться с ними и выяснить, смогут ли они обеспечить выбранные сердечники в том количестве, которое вам необходимо. Бывают ситуации, когда «их не возят, потому что никто их не берет», или нужное вам количество, неважно 10 или 10,000 штук, будет неинтересно или «не по силам» поставщику, или, что еще хуже, этот материал снимают (или уже сняли) с производства.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили магнитные материалы, сравнительная оценка которых приведена в Таблице 1. Выбор усложняется еще и тем, что одни и те же материалы, например, альсиферы, разными производителями выпускаются под разными торговыми марками. Кроме того, каждый тип материала имеет множество разновидностей. Например, судя по каталогам [5], только распыленного железа существует 13 модификаций, а общее количество типов ферритов, выпускаемых всеми производителями в мире, вообще очень сложно подсчитать.

Таблица 1. Сравнительная оценка материалов магнитопроводов [5]

Параметр	Распыленное железо (Iron Powder)	High Flux	Альсифер (Sendust, Kool Mμ)	Молибден-пермаллой (MSS, MPP)	Феррит с зазором (Gapped ferrite)
Состав	Fe (100%)	Fe(50%) + Ni(50%)	Fe(85%) + Si(8%) + Al (6%)	Ni(81%) + Fe(17%) + Mo(2%)	Mn + Zn + Fe (оксид)
Начальная магнитная проницаемость	3...100	14...160	26...125	14...550	Определяется величиной зазора: ~10...10000
Индукция насыщения, Тл	1.5	1.5	1.05	0.75	0.5
Мощность потерь (100 кГц, 0.05 Тл), мВт/см ³	800	260	200	120	230
Относительная стоимость	Самая низкая	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя

Как выбрать материал? Здесь лучше всего использовать следующий подход. Преобразователь должен быть компактным, дешевым и иметь высокий КПД. К сожалению, эти три параметра находятся во взаимном противоречии друг с другом, поэтому как минимум один из них необходимо исключить из критериев выбора. Если нужна компактная и недорогая схема, тогда можно выбрать дешевое распыленное железо с большой индукцией насыщения, но потери при этом будут весьма ощутимыми. Если нужно высокое значение КПД, тогда нужно ориентироваться на магнитопровод из молибден-пермаллоя. Но в любом случае обязательным условием выбора должна быть доступность выбранного сердечника.

Кстати о ферритах. С теоретической точки зрения использовать этот материал для магнитопроводов дросселей – не самая лучшая идея. Этот материал обладает высокой магнитной проницаемостью малой индукцией насыщения и большим значением остаточной намагниченности. Такое сочетание параметров позволяет считать его практически непригодным для накопления энергии. Этот материал больше подходит для трансформаторов, где ее накапливать не только не нуж-

но, но даже и вредно. Однако относительно малые потери, широкая доступность, наличие множества разновидностей сердечников и невысокая стоимость делают его очень привлекательным с практической точки зрения.

Чтобы феррит можно было использовать для накопления энергии, в магнитопровод вводят немагнитный зазор, позволяющий уменьшить как магнитную проницаемость, так и величину остаточной намагниченности. С математической точки зрения введение зазора решает все проблемы, а вот с физической стороны дела обстоят не так хорошо.

Если материал не может вместить много энергии, тогда где же хранится то ее количество, которое не «влезает» в сердечник? Очевидно, что в окружающем пространстве. Теоретически дроссель можно изготовить вообще без сердечника, но тогда он получится просто огромным. Кроме того, все пространство вокруг него будет в прямом смысле слова пронизано переменным высокочастотным магнитным полем (Рисунок 4), которое будет взаимодействовать со всеми соседними (и не только) объектами. Поэтому чем больше размер зазора, тем большее количество энергии будет «выходить» за пределы индуктивного элемента. Таким образом, несмотря

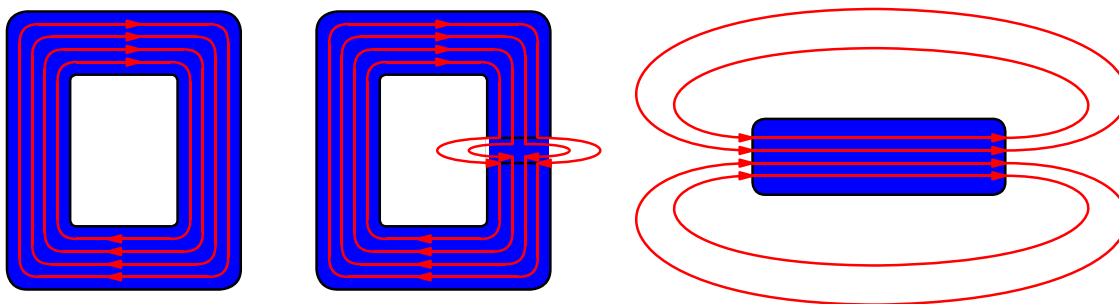


Рисунок 4. Влияние немагнитного зазора на область хранения энергии.

на то, что введение немагнитного зазора формально увеличивает энергетическую емкость дросселя, реально это происходит за счет ее размещения в окружающем пространстве со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Хорошим решением в этом случае является введение распределенного зазора, как это сделано, например, в сердечниках из распыленного железа. В этом случае окружающее пространство хоть и задействуется для хранения энергии, но из-за малых размеров немагнитных промежутков это проникновение минимально. К сожалению, количество ферритовых сердечников с распределенным зазором пока невелико. **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](#)

Продолжение темы в следующих номерах

Реализация освещения, ориентированного на человека

Yoelit Hiebert

EDN

Концепция освещения, ориентированного на человека (human-centric lighting – HCL), берет свое начало с первой половины 1920-х годов, когда в человеческом глазу был обнаружен третий тип рецепторов, дополняющий колбочки и палочки и позволяющий нам воспринимать уровни цвета и освещенности. В сетчатке глаза также находятся светочувствительные ганглионарные клетки, которые влияют на суточные биоритмы. Эти клетки связаны с центрами физиологического контроля организма и особенно восприимчивы к световым волнам синей части видимого спектра, которые являются значительной составляющей солнечного света (Рисунок 1).

В 1980-х годах начались исследования биологических реакций человека на уровень

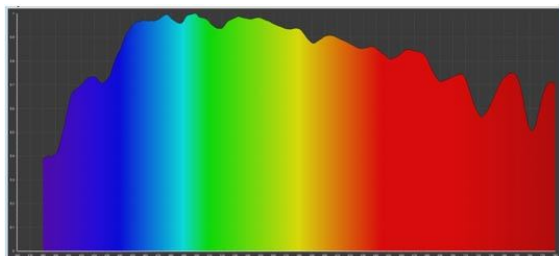


Рисунок 1. Репрезентативная спектральная плотность мощности дневного света; синие волны являются важным компонентом, особенно в ясные дни. (Источник: Tech Sensitive).

освещенности и длину световой волны, наряду с изучением влияния освещения на настроение, производительность, бодрость и остроту зрения, а также на суточный биоритм. Эти исследования привели к пониманию того, что не весь белый свет одинаков, и что холодный и теплый белый свет по-разному влияют не только на восприятие нами окружающей среды, но также и на наши физиологические реакции.

Не случайно рестораны высокого класса, как правило, освещены приглушенным теплым белым светом, чтобы наша еда (и мы) выглядели лучше и поощряли чувство расслабленности и отдыха (возможно, способствуя увеличению суммы счета).

Суть концепции HCL заключается в изменении качества света, идущего от осветительных приборов, для имитации различных свойств естественного освещения в разное время дня. Светодиоды являются первыми общедоступными источниками света, которые можно регулировать, легко изменяя как цветовой спектр, так и уровень освещения, что позволяет им играть уникальную роль в оптимизации HCL для различных условий и сред.

Пока что наибольшее распространение принципы HCL получили в авиаперевозках. Похоже, что салоны всех новых коммерческих самолетов оснащены светодиодным освещением.

щением, часто с приятным фиолетовым оттенком. Пассажиры могут также заметить, что в течение продолжительного полета освещение салона меняется; теплый белый свет во время еды и темно-фиолетовый, способствующий сну, сменяются фиолетовым или синим светом во время посадки. А для минимизации нарушения суточного ритма организма при длительном перелете через несколько часовых поясов, по мере приближения полета к завершению, освещение салона может постепенно переходить в режим имитации восхода солнца.

Но наилучшим образом потенциал HCL в настоящее время реализован в больницах и центрах по уходу за больными или пожилыми людьми. Считается, что HCL помогает поддерживать естественный цикл сна, уменьшает беспокойство пациента, способствует выздоровлению, концентрирует внимание медсестер и других попечителей, работающих ночью, улучшает остроту зрения во время осмотра.

Это достигается с помощью запрограммированного освещения различного спектрального состава, настраиваемого программно и вручную, в зависимости от желаемого результата. Например, для поддержания нормального цикла сна освещение в комнате пациента может изменяться по расписанию, обеспечивающему более холодный белый свет в течение дня и переход к более теплому белому вечером.

В то же время при осмотрах или экстренных случаях освещение можно менять вручную, чтобы повысить остроту зрения. Более сложные системы HCL могут делить пространство на зоны с запрограммированным про-



Рисунок 2. Светодиодный модуль для HCL, разработанный Ledmotive. (Источник: Ledmotive).

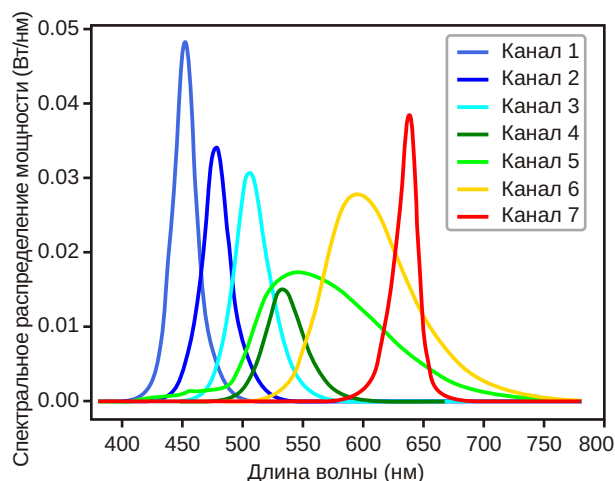


Рисунок 3. Спектральное распределение мощности излучения семи независимых каналов модуля Vega 07.

токолом освещения для каждой, учитывающим количество дневного света и предполагаемое использование этой части пространства. (Например, освещение будет разным в зоне для посетителей в больничной палате и зоне, где находится кровать пациента, или в помещении медсестринского персонала и в коридорах на этажах). Другие сферы, в которых в настоящее время применяются концепции HCL, включают образовательные учреждения, в которых освещение, к примеру, может настраиваться на более теплый белый свет во время сна. Или же это могут быть офисные помещения, где холодное белое верхнее освещение сочетается с индивидуально настраиваемым рабочим освещением, что помогает повысить концентрацию внимания, поднять производительность труда и обеспечить комфорт для глаз.

Реализация HCL объединяет изделия, специально разработанные для этой задачи, с высоким уровнем проектирования систем освещения, включая как автоматическое, так и ручное управление, встроенное в сети верхнего уровня.

Например, система HCL, созданная Ledmotive (Рисунок 2), включает в себя светодиодный модуль, в котором используются семь независимых цветовых каналов для статического или динамического воспроизведения любой спектральной конфигурации, практически свободной от УФ или ИК составляющих излучения (Рисунок 3). Модули, встроенные в осветительные приборы, затем

подключаются через шину к концентратору для связи с контроллером сети освещения или с системой управления зданием.

Потенциальная возможность HCL изменить нашу жизнь к лучшему – это захватывающая перспектива, но важно помнить, что, несмотря на углубление наших знаний

о том, как световые спектры и уровни освещенности влияют на организм человека, отдельные результаты их воздействия предсказать невозможно. Тем не менее, согласно прогнозам BIS Research, рынок изделий и систем HCL к 2024 году достигнет почти 4 млрд долларов. **РЛ**

Что нужно знать о радиотелескопах

Lou Frenzel

Electronic Design

Экстремальные радиотехнологии, включая огромные антенные системы и гигантские параболы, позволяют проводить самые передовые исследования космоса



Радиотелескопы – это просто огромные чувствительные широкополосные приемники, в которых используются некоторые из самых передовых беспроводных технологий. Вы, наверное, слышали о радиотелескопах, но все ли вы знаете о том, как они работают, и о некоторых используемых в них экстремальных радиотехнологиях?

Большинству телескопы известны как оптические инструменты для наблюдения за далекими объектами. По сути, радиотелескоп – это то же самое. Но вместо того, чтобы искать свет, он ищет радиоволны. Сегодня мы с помощью оптического телескопа можем визуально увидеть то, что кажется бесконечным числом звезд, планет и галактик. Но это не все. Множество других вещей в космосе мы увидеть просто не можем. Причина этого заключается в том, что пыль и пылевые облака в космосе блокируют значительное коли-

чество света во вселенной. Но радиоволны проникают прямо сквозь облака и пыль, а также через земную атмосферу.

Оказывается, почти все в космосе излучает электромагнитные волны. Как вы помните, электромагнитный спектр начинается от постоянного тока, проходит через радиоволновый диапазон, затем переходит в инфракрасную область, за которой следует видимый свет. По мере увеличения частоты и снижения длины волны, начинаются ультрафиолетовые волны, за которыми следуют рентгеновские лучи, гамма-лучи и так далее. Радиоволны можно считать очень низкочастотным светом. Или считать свет сверхвысокочастотными радиоволнами.

Инфракрасные волны приходят от тепла. Любой объект, который излучает тепло при любой температуре выше абсолютного нуля



($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), излучает радиоволны. Звезды, планеты, ионизированные газы и галактики – все излучают радиоволны. Сигналы очень слабы, так как они достигают нас через огромные расстояния. Даже при скорости света $300,000,000$ метров в секунду, для того, чтобы далекие космические сигналы достигли нас, нужны годы. Но если мы сможем построить достаточно чувствительный приемник, мы сможем собрать их, изучить и попытаться понять, что же происходило в космосе в прошлом.

Приемник на основе передовых технологий

Хороший чувствительный приемник начинается с большой антенны. Чтобы преобразовывать эти крошечные сигналы из космоса в поток электронов, который мы можем зарегистрировать и обработать, антенны радиотелескопа должны быть большими, с высоким усилением и узкой диаграммой направленности. Большинство радиотелескопов имеют огромное параболическое зеркало. Поперечник самых больших из них – сто или больше футов.

Размер зеркала, или апертура, определяет коэффициент усиления антенны и ее минимальную полезную частоту. Большие зеркала имеют механические системы для вращения их по азимуту и углу наклона. Большая парабола собирает поступающие волны в сконцентрированный пучок в фокусе, где антенна преобразует слабый сигнал в напряжение, которое можно усилить.

Кстати, единица измерения силы сигнала в радиоастрономии называется янский (Ян), в честь Карла Янского (Karl Jansky), который был первым ученым, обнаружившим радиоволны из космоса. Один янский составляет 10^{-26} Вт на квадратный метр на герц. Согласитесь, не очень-то мощный сигнал.

Самые современные беспроводные приемники начинаются с малошумящего усилителя (МШУ). Шум является главным врагом слабых радиосигналов, поскольку при слишком высоком уровне он может их полностью маскировать. Несмотря на свое название, МШУ также добавляет шум приемнику. По большей части этот шум является тепловым, вызванным нагревом, который возбуждает атомы и электроны, создающие случайный

сигнал. Возможно, вы знаете, что напряжение теплового шума рассчитывается как

$$V_N = \sqrt{4kTBR},$$

где

T – температура в градусах Кельвина (К), или в градусах Цельсия $+ 273$;

B – ширина в Гц полосы частот, в которой проводятся измерения;

R – активное сопротивление компонента, создающего шум;

k – постоянная Больцмана, или 1.38×10^{-23} .

В приемнике радиотелескопа МШУ охлаждается криогенными методами до температуры, близкой к абсолютному нулю (4 К). Внешний интерфейс приемника (МШУ, смеситель и облучатель) помещен в герметичный корпус и охлаждается жидким гелием. Вот это по настоящему малошумящий усилитель!

В усилителях также используются специальные компоненты, такие как транзисторы и интегральные схемы, сделанные из материалов, которые лучше всего работают на частотах дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Среди них гетероструктурные полевые и биполярные транзисторы, а также транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), изготовленные из арсенида галлия (GaAs) и фосфида индия (InP).

После предварительного усиления сигналов перед детектированием диодом Шоттки их частота понижается в смесителе до более низкой, обычно лежащей в диапазоне от 1 до 10 ГГц. После детектирования сигналы оцифровываются и сохраняются, а затем преобразуются в цветные визуальные изображения, помогающие объяснить их природу. Поскольку удаленные космические сигналы относительно постоянны, их можно наблюдать непрерывно и усреднять для улучшения отношения сигнал/шум.

Вполне предсказуемо, что на верхних частотах миллиметрового диапазона получить большой коэффициент усиления трудно. Одно из решений заключалось в исключении усилителя и подаче сигнала антенны непосредственно в смеситель, который смещает сигнал в более низкочастотную область, где проще добиться более низкого шумового усиления. Но с этим связана проблема созда-



Радиотелескоп с очень большой антенной системой (VLA) в Нью-Мексико. (Изображение с Wikipedia).

ния малошумящих смесителей. В настоящее время она была решена с помощью специального устройства, известного как смеситель со структурой сверхпроводник-диэлектрик-сверхпроводник (СИС), нелинейность которого обусловлена квантовым туннелированием между двумя сверхпроводниками.

Раньше в большинстве радиотелескопов использовалась одна огромная параболическая антенна. Она может охватывать широкие диапазоны частот и усиления и обладать узкой диаграммой направленности. В более старых оригинальных разработках приемник располагался в фокальной точке параболы, чтобы получить усиление до того, как добавят шум другие части системы. Сегодня более распространенным является размещение в фокальной точке отражателя, который направляет сигнал в центр тарелки, где можно более надежно установить тяжелый приемный блок с его криогенными компонентами.

Растущая тенденция состоит в том, чтобы делать несколько меньших (менее 25 м) параболических антенн и располагать их в подвижном массиве, чей совокупный выходной сигнал будет таким же, если не мощнее, чем у одной большой параболы. Примером может служить очень большая антенная система (Very Large Array – VLA) в Нью-Мексико. В ней используются 27 парабол диаметром 25 метров каждая. Одним из применений таких составных конструкций является одновременное подключение к приемнику двух или более антенн для реализации интерферометрии – совокупности методов наложения сигналов для улучшения разрешения.

Значительная часть систем радиотелескопа приходится на вычислительную систему. Все полученные сигналы оцифровываются, сохраняются и подвергаются широкому спектру методов глубокой обработки. Вычислительная мощность системы впечатляет, поскольку центральный процессор, ПЛИС или другое устройство должны выполнять преобразования Фурье и другой анализ больших чисел с плавающей точкой. Сообщалось об использовании систем с производительностью до 750 миллиардов операций с плавающей точкой в секунду.

Частоты, представляющие интерес

Из космоса приходят радиосигналы с частотами от нескольких мегагерц до 1 ТГц. Большинство из них находится в диапазоне сотен мегагерц или единиц гигагерц. Некоторые сигналы поступают от источников тепла, но другие излучаются на одной частоте. Первыми были обнаружены сигналы в диапазоне 160 МГц. Основная часть сигналов была найдена на частоте 178 МГц. Мощный нетепловой сигнал исходит от водорода – вселенная заполнена водородом, который излучает очень узкий сигнал на частоте 1420 МГц (21 см). Астрономы выполнили широкомасштабное исследование неба на частоте 5 ГГц. Доступ к некоторым частотам, например, 10.7 ГГц и 15.4 ГГц, ограничен Федеральной комиссией по связи (FCC) и Национальной администрацией по связи и информации США (NTIA). Молекулы аммиака были обнаружены на частоте 22 ГГц. Окись углерода (CO) нашли на частоте 115 ГГц.

Источники космических сигналов могут иметь много частот. Это значит, что хорошие приемники радиотелескопов должны поддерживать широкий диапазон перестраиваемых частот. Для приема сигналов миллиметровых волн разрабатываются новые, более совершенные системы. Технология развивается, приближаясь к частоте 1 ТГц.

Правда о применениях радиотелескопов

Ученые используют радиотелескопы для изучения вселенной с ее огромным количеством звезд (солнц), планет, лун, галактик и странных источников, таких как пульсары, квазары и черные дыры. Астрономы способны измерять частоту сигнала, которая может изменяться, если источник движется по

направлению к приемнику или от него. Используя принцип Доплера, они могут делать потрясающие измерения скоростей и расстояний.

Благодаря своей универсальности, большие радиотелескопы, помимо космического картографирования, использовались также и в других проектах. Одним из приложений является слежение за удаленными космическими аппаратами. Они могут использоваться в качестве резервного средства практически в любом виде деятельности, связанной с космосом: исследовании Луны, изучении Марса, связи с шаттлами и космическими станциями, а также для слежения за спутниками. И, конечно же, для поиска внеземного разума.

Продолжается создание новых радиотелескопов. Многие из них состоят из множества параболических антенн. При этом сохраняется тенденция к увеличению размеров одиночных зеркал. Самый большой радиотелескоп США находится в Аресибо в Пуэрто-Рико. Это огромное 305-метровое сферическое зеркало, встроенное в долину. В настоящее время самый большой радиотелескоп диаметром 500 метров принадлежит Китаю. Трудно даже представить, что он будет способен «увидеть».



Гигантский радиотелескоп в Аресибо, Пуэрто-Рико. (Изображение с Wikipedia).

Новые приемники с СИС-смесителями, МШУ на НЕМТ транзисторах и криогенным охлаждением способны принимать сигналы с частотой, достигающей 950 ГГц, делая радиотелескопы воплощением прорывных технологий. Вероятно, и военные используют некоторые новейшие технологии, о которых мы не знаем. Как бы мы использовали эту технологию, если бы ее можно было перенести в коммерческий сектор? Есть идеи? Как насчет базовой станции сотовой связи с криогенным охлаждением. Подумайте об этом. А с другой стороны, может быть, и не стоит. **РЛ**

MERUS – многоуровневые аудиоусилители класса D для сверхкомпактных приложений

Часть 1

Rien Oortgiesen, Jens Tybo Jensen, Infineon Technologies

При проектировании компактных приложений, таких как портативные потребительские звуковые системы и интеллектуальные колонки, разработчики, использующие традиционные усилители класса D, сталкиваются с серьезными проблемами. Эти проблемы включают относительно низкий КПД, большое тепловыделение даже на низких и средних уровнях громкости и необходимость в громоздких и дорогих фильтрах для снижения внеполосного шума.

Относительно новая линейка усилителей класса D устраняет эти ограничения, используя так называемое многоуровневое усиление. Такой подход улучшает энергопотребление, одновременно снижая уровни помех и внеполосных шумов. Кроме того, за счет исключения или минимизации использования фильтров снижаются производственные затраты и экономится проектное пространство.

1 Введение

В последние десятилетия предпочтение отдавалось импульсным методам усиления звука. Различные схемы с импульсными усилителями, известные под общим названием усилители класса D, приобрели популярность из-за их низкого энергопотребления, небольшого размера и низкого тепловыделения, особенно, в сравнении с более ранними усилителями класса АВ.

КПД традиционных усилителей класса D может достигать 90 процентов или, при больших уровнях мощности, еще более высоких значений. Однако при уровне громкости, типичном для прослушивания музыки, КПД составляет лишь порядка 50 процентов, или даже меньше. Эти и другие ограничения вдохновили разработчиков аудио продуктов MERUS компании Infineon на создание нового поколения усилителей с высоким КПД на всех уровнях громкости – многоуровневых усили-

телей класса D. Этот новый класс усилителей превосходит в устройствах, которые должны иметь небольшие размеры, низкое тепловыделение и/или низкое энергопотребление, что типично для растущего числа компактных и требовательных аудиоприложений.

1.1 Эволюция технологии усилителей

Кремниевые полупроводниковые приборы были предметом интенсивных исследований и разработок, и, по понятным причинам, усилителям класса D сейчас отдают предпочтение в большинстве портативных и чувствительных к потреблению приложений, заменяя более ранние усилители линейных классов, такие как усилители класса АВ. Хотя с точки зрения выходной мощности усилители класса АВ не уступают усилителям класса D, они значительно проигрывают в КПД, а значит, требуют больших радиаторов и, следовательно, занимают намного больше места,

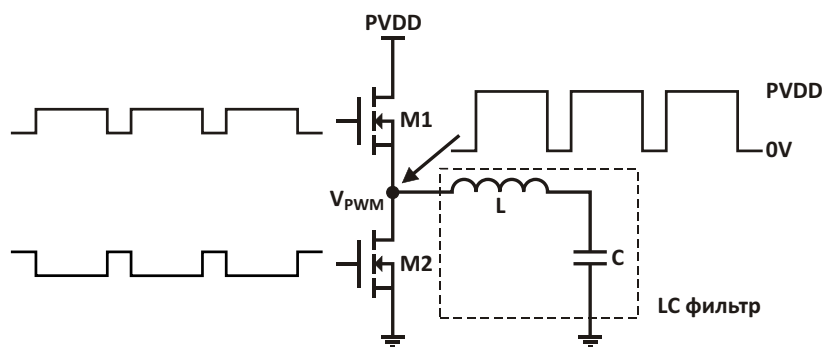


Рисунок 1. Выходной каскад традиционного усилителя класса D.

чем это допустимо для подавляющего большинства аудио приложений.

Технологический скачок при переходе от усилителей класса АВ к усилителям класса D был значительным. Теперь разработчики аудио продукции делают следующий большой шаг в улучшении характеристик: от традиционных усилителей класса D к многоуровневым.

2 Традиционные усилители класса D

2.1 Принцип работы традиционных усилителей класса D

Принцип работы выходного каскада традиционного усилителя класса D показан на Рисунке 1. Он состоит из двух MOSFET, обозначенных M1 и M2 на Рисунке 1, каждый из которых управляется широтно-модулированным (ШИМ) сигналом. Коэффициент заполнения импульсов ШИМ модулируется аудио сигналом, подаваемым на вход усилителя. Обычно это происходит внутри контура регулирования.

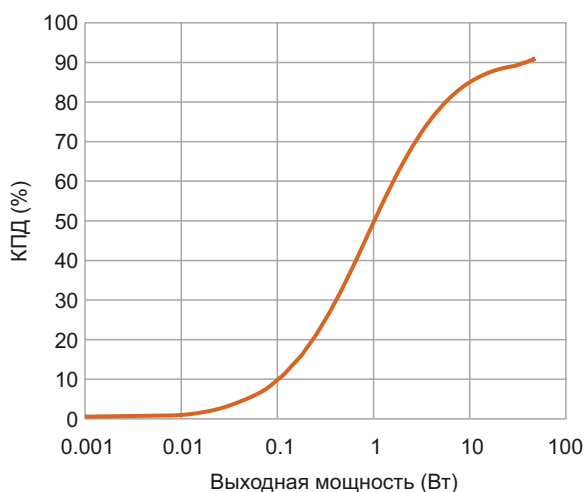


Рисунок 2. Зависимость КПД традиционного усилителя класса D от мощности в нагрузке.

Коммутационный узел (VPWM) схемы на Рисунке 1 передает усиленный сигнал ШИМ. Обратите внимание, что для очистки аудиосигнала от сигнала ШИМ до того, как усиленный аудиосигнал достигнет динамика, используется LC-фильтр. Хотя для небольших устройств, таких как мобильные телефоны, этот фильтр не требуется из-за низкой выходной мощности аудиоусилителя, приложениям с уровнями выходного сигнала, превышающими значение порядка 20 Вт, обычно нужны LC-фильтры.

2.2 Ограничения традиционных усилителей класса D

Из списка ограничений традиционных усилителей класса D можно выделить:

- Большие размеры, обусловленные габаритами фильтра и теплоотвода;
- Высокую цену, обусловленную необходимостью использования фильтров;
- Низкий КПД при типичных уровнях громкости;
- Проблемы тепловыделения во время работы.

2.2.1 При типичных уровнях громкости КПД составляет порядка 50%

Традиционные усилители класса D имеют двухуровневый выходной каскад (полумост). Это означает, что каждый полумост может иметь потенциал либо 0 В, либо PVDD. Поэтому они имеют относительно высокое энергопотребление даже в режиме ожидания или на малой выходной мощности. Частично это связано с постоянным переключением каждого полумоста между шинами питания, что необходимо для максимального улучшения динамических характеристик.

На Рисунке 2 показана зависимость КПД традиционного усилителя класса D от уровня

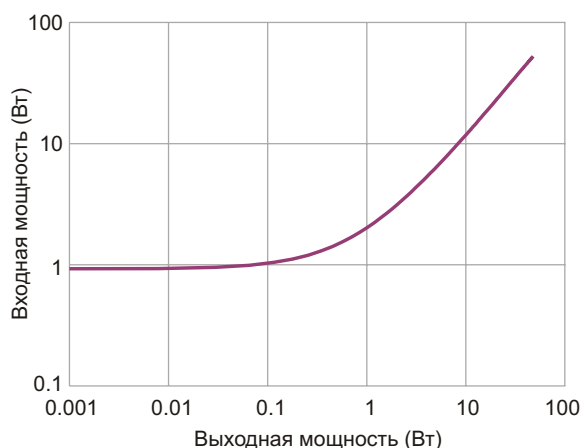


Рисунок 3. Зависимость входной мощности от мощности нагрузки для традиционного усилителя класса D.

выходной мощности. Горизонтальная ось представлена в логарифмическом масштабе, чтобы нагляднее отобразить начальный участок шкалы выходной мощности. При типичных для комфортного прослушивания уровнях громкости от 0.1 до 1 Вт выходной мощности на канал КПД редко достигает 50%. Для неискаженного воспроизведения возникающих время от времени пиков музыкального сигнала обычно используется запас мощности выше 1 Вт. Из Рисунка 2 видно, что КПД традиционного усилителя класса D может достигать 90 процентов, однако только для уровней выше 10 Вт (в данном случае от 40 Вт), – уровней, которые редко достигаются реальными звуковыми сигналами в течение продолжительных временных интервалов.

На нижнем конце шкалы выходной мощности общий КПД определяется мощностью (входной мощностью), потребляемой усилителем в состоянии ожидания, то есть, в условиях, когда выходной сигнал отсутствует, и ток нагрузки равен нулю.

Из Рисунка 3 видно, что в отсутствие входного сигнала мощность, рассеиваемая обычным усилителем класса D, работающем при напряжении питания 18 В, близка к 1 Вт. Из-за далеко не идеальной формы кривой аудиоусилитель легко может занять доминирующее положение в энергопотреблении всей аудиосистемы – не только при высокой выходной громкости, но даже между нулевой и средней громкостью.

2.2.2 Вопросы размеров и стоимости

Обычной практикой для традиционных усилителей класса D является применение синфазного LC-фильтра для снижения уровня электромагнитных помех и улучшения электромагнитной совместимости.

Кроме того, традиционные конструкции класса D могут включать в себя две дополнительные резисторно-конденсаторные схемы, которые также увеличивают общие размеры решения:

- Цепь Цобеля – это последовательный RC-фильтр, используемый для демпфирования LC-фильтра;
- Для еще большего подавления электромагнитных помех на переключающей стороне фильтра обычно добавляется последовательный RC-фильтр.

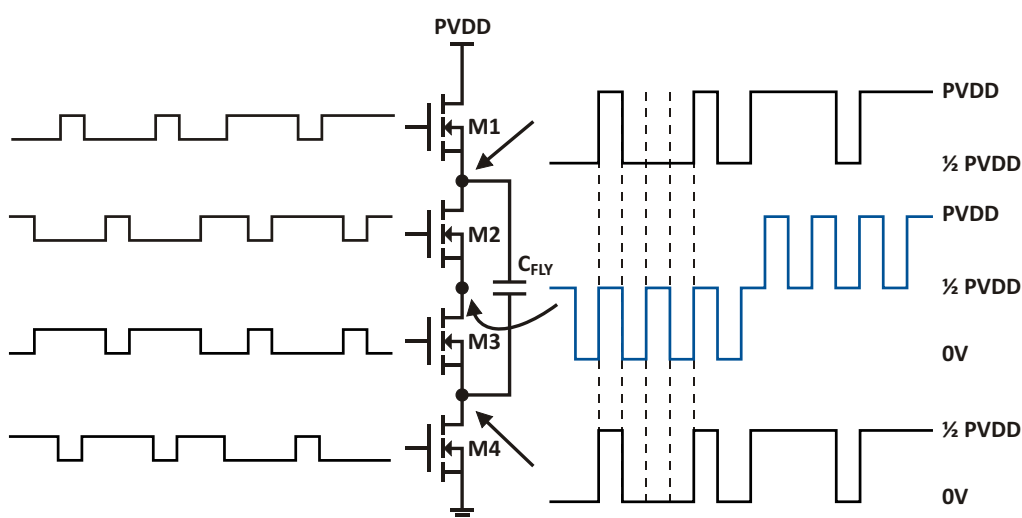


Рисунок 4. Многоуровневый выходной каскад.

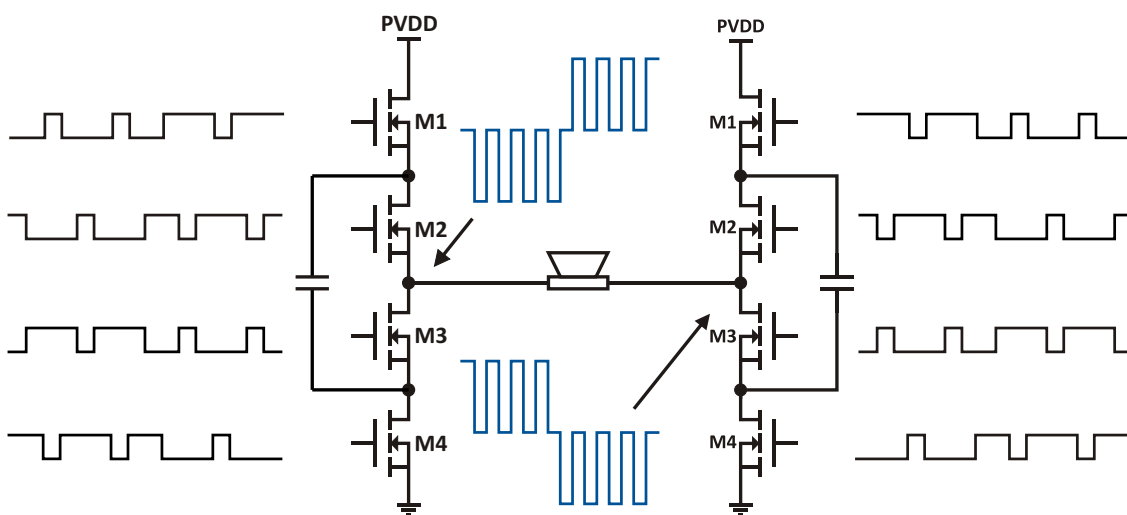


Рисунок 5. Многоуровневый полномостовой выходной каскад.

Использование фильтров ухудшает характеристики приложений, так как фильтры:

- Увеличивают цену;
- Имеют большие размеры и занимают много места на печатной плате;
- Увеличивают потребление энергии.

3 Истинно многоуровневые усилители класса D

3.1 Принцип работы многоуровневых усилителей класса D

Для достижения низкого энергопотребления (нормированного на максимальную выходную мощность), в том числе, при низких и нулевых уровнях громкости, в многоуровневых усилителях класса D используется многоуровневый силовой каскад (полумост).

Усилители семейства MERUS создают выходной сигнал с помощью силового каскада с уникальной архитектурой, в которой для каждого полумоста используются четыре биполярных транзистора или MOSFET вместо двух, которые мы привыкли видеть в традиционных усилителях (Рисунок 4). Многоуровневый выходной каскад обеспечивает замечательную гибкость и позволяет конфигурировать усилитель для оптимизации потребляемой мощности в любом приложении.

Полумост устанавливает несколько выходных уровней ШИМ от одного источника. Каждый полумост содержит четыре MOSFET (на Рисунке 4 они обозначены M1 ... M4), и каждый MOSFET управляется индивидуальным

ШИМ-сигналом. Конденсатор C_{FLY} , который «плавает» между верхним и нижним MOSFET, постоянно заряжается отдельной схемой, поддерживающей на нем неизменный потенциал. Поэтому «плавающий конденсатор» функционирует, по существу, как дополнительная шина питания. Таким образом, каждый полумостовой силовой каскад формирует в выходном коммутационном узле трехуровневый выходной сигнал: 0 В, $\frac{1}{2}$ PVDD и PVDD.

В полномостовой конфигурации (Рисунок 5), которая образуется путем объединения двух трехуровневых полумостов, коммутируемых по определенной схеме, шаблон переключения каждого полумоста модулируется с фазовым сдвигом 90° относительно другой стороны. Таким образом, для дифференциально подключенного динамика результирующий силовой каскад может обеспечивать до пяти уровней шаблонов модуляции.

Поскольку результирующая выходная частота выше, а отдельные ступени напряжения меньше, это намного лучше приближает выходной аудиосигнал к входному сигналу, чем обычные усилители класса D.

Пятиуровневая система по своей сути в четыре раза увеличивает частоту переключения в выходных узлах, и при этом на дифференциально подключенном громкоговорителе выделяются значительно более низкие уровни внеполосных остаточных шумов переключения. Высокий КПД и лучший контроль электромагнитных помех и факторов электромагнитной совместимости позволяют

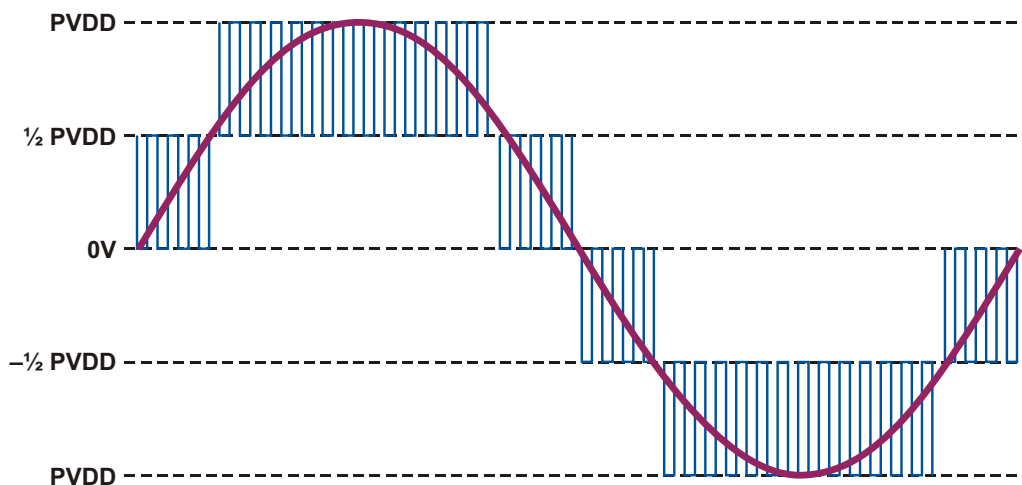


Рисунок 6. Пятиуровневый выходной сигнал при полномостовом подключении нагрузки.

эффективно настроить усилитель для работы без фильтра.

На Рисунке 6 показан результирующий пятиуровневый дифференциальный выходной сигнал при полномостовой конфигурации для одного периода синусоиды.

В этом случае частота переключения в нагрузке в четыре раза превышает частоту переключения MOSFET в выходных узлах полумостов. Заметьте, что схема переключения дает три состояния (в отличие от одного в обычном усилителе класса D), где происходит полное подавление остаточных внеполосных шумов переключения, а именно при $-1/2 PVDD$, $0V$ и $+1/2 PVDD$. В этих точках выходы двух полумостов либо оба равны $0V$, либо оба имеют идеально «зеркальные» выходные коэффициенты заполнения 50%.

Для реального приложения это непосредственно означает снижение пульсаций тока в выходной секции аудиосистемы. Если нет необходимости подавления внеполосных шумов или артефактов переключения, многие приложения не требуют использования синфазного LC-фильтра.

Рисунок 7 позволяет оценить эффект от снижения пульсаций тока. При нормировании на ток пульсаций традиционного усилителя класса D (фиолетовая линия) модули-

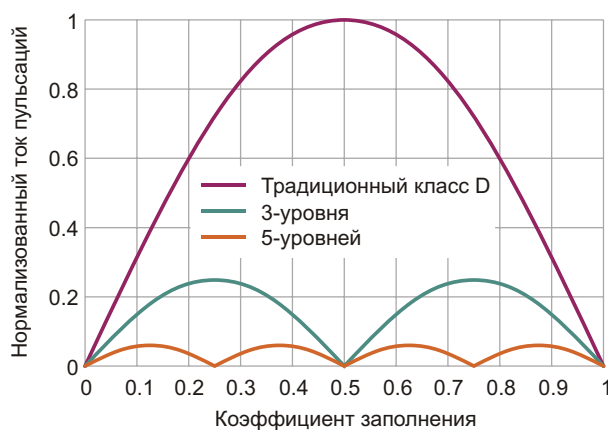


Рисунок 7. Нулевые состояния многоуровневого усилителя.

рованные выходные сигналы трехуровневых или полумостовых (зеленая линия) и пятиуровневых или полномостовых (оранжевая линия) каскадов имеют значительно меньшие пульсации тока. Обратите внимание на нулевые состояния для трех- и пятиуровневых сигналов – точки, в которых пульсации тока отсутствуют. В дополнение к принципиально более эффективному методу коммутации транзисторов, также, благодаря меньшему току пульсаций во внешних компонентах, значительно снижаются общие потери мощности. **РЛ**

Окончание в следующем номере

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование

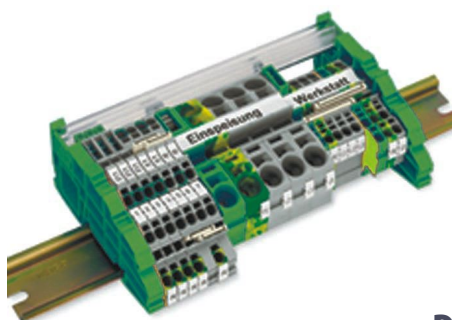


»»» **JOKARI**[®]
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



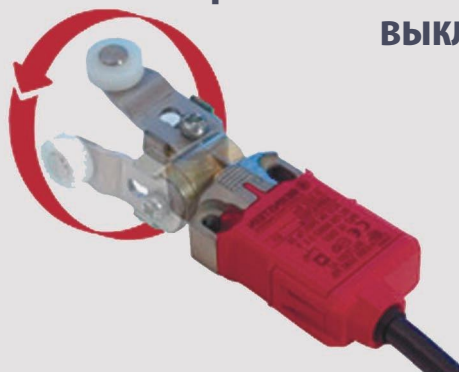
WAGO[®]
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат

BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

WWW.DECIMA.RU

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858



Увеличение чувствительности фотоприемника на базе фототранзистора



Басков М. П.

Левашов Олег Дмитриевич (идея)

Басков Михаил Павлович (реализация и испытания)

В статье предлагается способ существенного увеличения чувствительности сенсоров на базе двухвыводных фототранзисторов, принимающих слабый полезный сигнал в условиях низкой освещенности. Приводятся описание конструкции сенсора и результаты лабораторного и натурального экспериментов, подтверждающие высокую эффективность предложенного метода.

Фотоприемники на базе фототранзисторов характеризуются высокой чувствительностью, что является их основным преимуществом перед сенсорами на основе фотодиодов, которым требуется дополнительный усилитель. Однако известны и существенные недостатки фототранзисторов – узкий частотный диапазон и ухудшение чувствительности в условиях низкой внешней освещенности.

Особенно ярко второй из указанных недостатков проявляется у фототранзисторов, работающих в режиме с «оторванной базой». Это недорогие двухвыводные приборы в прозрачных пластмассовых корпусах, широко применяемые для обнаружения препятствий в простейшей робототехнике.

Объясняется это достаточно просто. При низкой внешней засветке и слабом отраженном сигнале фототок очень мал и маскируется темновым током. Теоретически фототранзистор всегда находится в активном режиме. На практике для вывода рабочей точки на активный участок характеристики требуется

преодоление фототоком некоторого порогового значения. Этим, собственно, и объясняется увеличение чувствительности фототранзистора к принимаемому сигналу при увеличении внешней освещенности.

Для обеспечения работы оптического локатора, использующего сенсор на основе фототранзистора в условиях низкой (вплоть до нулевой) освещенности, используется подсветка окружающего пространства в направлении возможного препятствия. Чем дальше расположено препятствие, тем мощнее должна быть подсветка для уверенного вывода фототранзистора на рабочий участок характеристики. Для работа с батарейным питанием это может оказаться критическим фактором и сказаться на времени работы от батарей.

Ниже предлагается способ обеспечения постоянной чувствительности сенсора на основе фототранзистора, не зависящей от внешней освещенности и не требующей подсветки окружающего пространства.

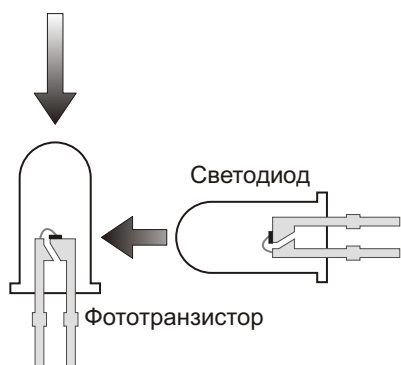


Рисунок 1. Увеличение чувствительности фототранзистора подсветкой чувствительной области.

Суть способа поясняется Рисунком 1. Чувствительная область фототранзистора подсвечивается светодиодом с той же спектральной характеристикой, что и используемый фототранзистор. При этом ток светодиода составляет от долей до единиц миллиампер. Конструктивно фототранзистор и светодиод объединены в одно целое, что исключает зависимость чувствительности сенсора от изменения их взаимного расположения. Светодиод желательно использовать того же диаметра, что и фототранзистор. Пластмассовый корпус светодиода спиливается круглым надфилем так, чтобы светодиод плотно прижимался рабочей поверхностью к боковой поверхности фототранзистора в области

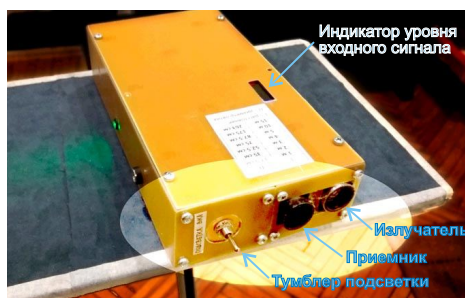


Рисунок 2. Испытательный стенд для проверки идеи.

кристалла. Затем оба прибора соединяются в единое целое при помощи прозрачного «моментального» клея. Клей заполняет микронеровности рабочей поверхности светодиода, обеспечивая отличный оптический контакт. Видео с описанием базового эксперимента, в котором доказана практическая ценность идеи, можно посмотреть [здесь](#).

Для проверки эффективности описываемого метода и проведения натурального эксперимента был изготовлен испытательный стенд в виде корпуса из фольгированного текстолита с экранированными отсеками, чтобы исключить паразитные электрические наводки, способные исказить результат эксперимента. Внешний вид стенда представлен на Рисунке 2.

В отсеках размещены: батареи питания, генератор сигнала, усилитель мощности,

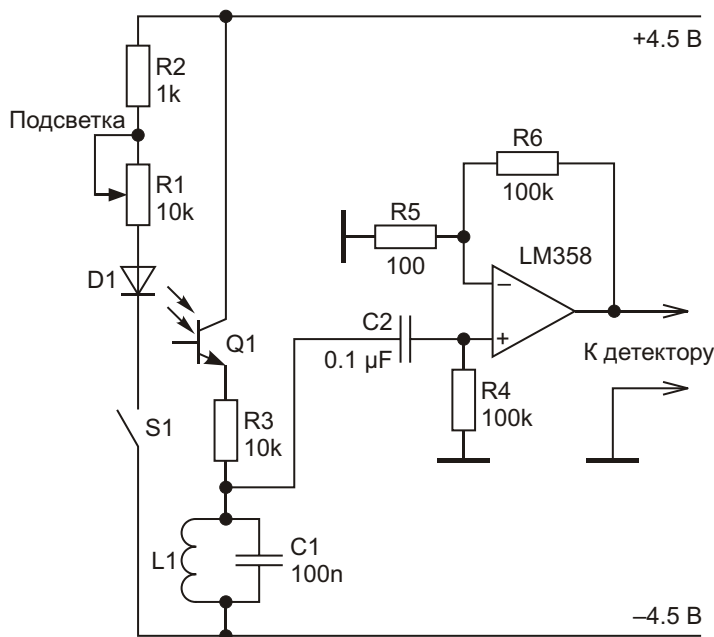


Рисунок 3. Принципиальная схема усилителя испытательного стенда.

входной усилитель, линейный индикатор уровня сигнала. Излучатель и фотоприемник конструктивно объединены в одно целое для соблюдения параллельности оптических осей и имеют экранировки в виде тонкостенной медной трубки диаметром 18 мм, запаянной по периметру со стороны вводов и открытой со стороны оптики.

В качестве оптики использовались 10 мм объективы с AliExpress, имеющие угол расхождения луча 10 градусов. Спектральные характеристики излучателя и приемника совпадают и имеют максимум на длине волны 940 нм.

Схема усилителя представлена на Рисунке 3. В качестве нагрузки фототранзистора используется колебательный контур, обеспечивающий прекрасную селективность. Центральная частота контура 1720 Гц, полоса пропускания по уровню 0.7 – 120 Гц. В качестве L1 используется режекторный фильтр от USB-зарядного устройства (Рисунок 4), обмотки которого соединены последовательно.

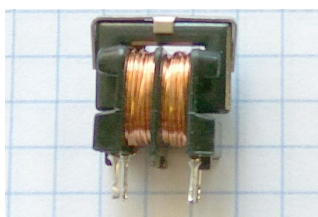


Рисунок 4. Фильтр от зарядного устройства USB.

Далее принятый сигнал усиливается операционным усилителем до уровня, достаточного для работы светодиодного линейного индикатора. Ток через светодиод подсветки равен 1 мА, что является компромиссом между увеличением чувствительности сенсора и уровнем шумов, создаваемых спорадическим характером излучения светодиода.

Эксперимент по реальному увеличению чувствительности был разделен на две части – лабораторные и натурные испытания. Интерьер лабораторного испытания представлен на Рисунке 5. Мишенью служит стандартная «серая карта» (RGB 209, 209, 209). Испытательный стенд установлен в 50 см от мишени. Объектив фотоприемника заклеен малярным скотчем для снижения чувствительности.

Провода, ведущие к излучателю, выведены наружу через технологические отверстия.

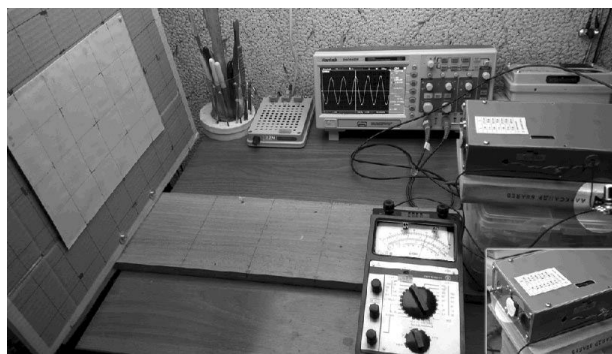


Рисунок 5. Лабораторные испытания.

В разрыв одного из них последовательно включены миллиамперметр для измерения среднего тока через светодиод и переменный резистор, регулирующий этот ток. При этом мы считаем, что освещенность мишени прямо пропорциональна току через светодиод. Сам процесс испытаний проходил в полной темноте.

Результаты лабораторных испытаний

При включении подсветки мишень уверенно обнаруживалась при снижении среднего тока через светодиод с 46 мА до 14 мА. То есть, мы можем констатировать, что предложенный способ увеличил чувствительность сенсора на базе фототранзистора более чем в три раза.

Проводя натурный эксперимент, мы будем говорить об увеличении дальности обнаружения препятствия, а не об улучшении чувствительности, поскольку при больших расстояниях на уровень принимаемого сигнала влияет расхождение оптических осей излучателя и приемника, а также, неизбежные отклонения оптических осей от перпендикуляра к плоскости препятствия при перемещении стенда.

Натурные испытания прибора проводились практически при полной темноте, поэтому фото не приводятся. В качестве мишени использовалась светло-серая стена гаража, с нанесенным на нее граффити. Испытательный стенд был установлен на доработанном фотоштативе, что обеспечивало неизменность расстояния до мишени в процессе испытаний. Для измерения расстояния использовалась лазерная рулетка.

Видеоотчет об испытаниях, который удалось при помощи видеоредактора доработать до приемлемого качества, размещен на [YouTube](#).

Результаты натуральных испытаний

- Уверенное обнаружение препятствия при выключенной подсветке и практически полной темноте – 3.9 м.
- Уверенное обнаружение препятствия при включенной подсветке – 12 м, то есть, расстояние обнаружения препятствия увеличилось в три раза, что можно считать очень хорошим результатом и подтверждением данных, полученных при лабораторных испытаниях.

Выводы

Предложенный авторами метод повышения чувствительности сенсоров на базе фототранзисторов, работающих в режиме с «оторванной базой», обеспечивает хорошие результаты в условиях низкой освещенности и может быть использован при проектировании интегральных фотоприемников.

Дополнение

Описанный метод повышения чувствительности сенсоров на основе фототранзисторов, работающих в режиме с «оторванной базой», может быть использован для эффективного подавления внешних световых помех от осветительных приборов и рекламы. Для этого выделяется низкочастотная компонента принятого сигнала и в противофазе подается на управление подсветкой сенсора. Однако рассмотрение этого аспекта выходит за рамки данной статьи. **РЛ**

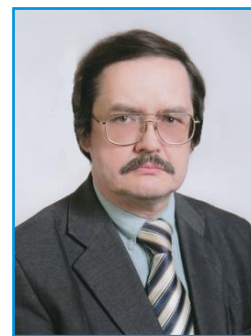
Литература

1. [Особенности реальных p-n переходов](#)
2. [Фототранзисторы](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM358](#)

Высоковольтные аналоговые регулируемые целочисленные делители частоты цифровых сигналов



Михаил Шустов, г. Томск

Приведены схемы двух делителей частоты цифровых сигналов амплитудой от единиц до сотен вольт, выполненных на аналоговых элементах. Выходной сигнал делителей может быть задан или отрегулирован по амплитуде до необходимого пользователю значения. Диапазоны ступенчато-регулируемых целочисленных коэффициентов деления лежат в пределах от 1 до 6 (11) и при необходимости могут быть расширены на порядки.

Современные цифровые микросхемы и, в частности, делители частоты, способны обрабатывать сигналы, амплитуда которых не превышает 20 В. Решить эту проблему могут описываемые ниже высоковольтные регулируемые целочисленные делители частоты цифровых сигналов, выполненные из минимальной совокупности аналоговых элементов.

Высоковольтный аналоговый делитель частоты, Рисунок 1, содержит токоограничивающий резистор R1, электронный зарядно-разрядный ключ на транзисторе VT1, накопительный конденсатор C1, ключевой элемент на транзисторе VT2, резистивную цепочку R3+R4, а также вспомогательный элемент – стабилитрон VD2. Базовыми элементами делителя являются транзисторы VT1 и VT2, диод VD1 и резистор(ы) R2, (R3), которые могут быть размещены в корпусе микросхемы, имеющей 4 вывода: 1 – вход/выход; 2 – общий провод; 3 и 4 – навесные элементы – конденсатор C1 и потенциометр R4, соответственно.

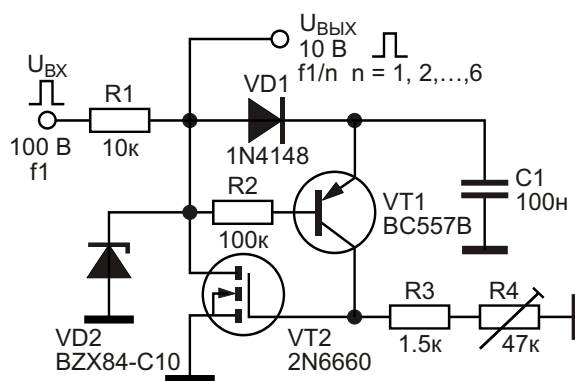


Рисунок 1. Электрическая схема высоковольтного аналогового делителя частоты с регулируемым целочисленным коэффициентом деления от 1 до 6.

Устройство работает следующим образом. Первый входной импульс высокого напряжения через резистор R1 и диод VD1 заряжает конденсатор C1. После окончания импульса ранее запертый транзистор VT1 открывается, конденсатор C1 разряжается через транзистор на цепочку R3+R4. Тран-

зистор VT2 на все время разряда конденсатора C1 остается в открытом состоянии, шунтируя зарядную цепь и препятствуя тем самым последующему заряду конденсатора C1. Время разряда определяется постоянной времени $C1(R3+R4)$.

После разряда конденсатора C1 сопротивление канала транзистора VT2 восстанавливается до исходного высокоомного значения; очередной входной импульс заряжает конденсатор C1, после чего процесс периодически повторяется. Регулировкой потенциометра R4 можно менять время открытого состояния ключа на транзисторе VT4 и, соответственно, задавать число пропущенных на выход устройства входных импульсов (пошагово менять коэффициент деления).

Стабилитрон VD2 предназначен для задания и стабилизации амплитуды выходного напряжения. Этот элемент, особенно для получения амплитуды выходных импульсов свыше 180 В (предельное напряжение стабилизации одиночных полупроводниковых стабилитронов), не является обязательным.

Импульсы, подаваемые на вход делителя, могут иметь амплитуду от нескольких вольт до, по меньшей мере, 1 кВ. Элементы схемы должны быть рассчитаны на работу при соответствующих напряжениях, а величина сопротивления резистора R1 подлежит коррекции. Следует также обратить внимание на тепловой режим работы элементов устройства, особенно резистора R1, который во избежание поверхностного пробоя и перегрева при работе при повышенных напряжениях следует выполнить из нескольких последовательно соединенных резисторов равного номинала.

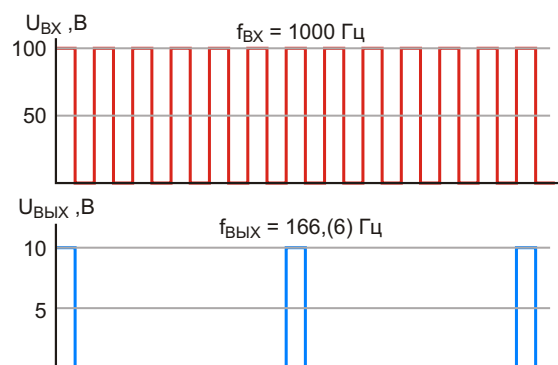


Рисунок 2. Форма сигналов на входе и выходе делителя частоты при коэффициенте деления $n = 6$.

Делитель частоты, Рисунок 1, предназначен для деления частоты входных импульсных сигналов в регулируемое целочисленное количество раз ($n = 1, 2, \dots, 6$). Амплитуда входных импульсов скважностью 2 равна 100 В. Амплитуда выходных импульсов задается стабилитроном VD2 BZX84-C10 на уровне 10 В (уровень КМОП-логики). Одновременно стабилитрон VD2 ограничивает напряжение на элементах делителя на уровне 10 В, позволяя использовать в нем доступные низковольтные элементы.

Форма входных и выходных сигналов делителя при частоте следования входных импульсов 1 кГц и коэффициенте деления $n = 6$ приведена на Рисунке 2.

На Рисунке 3 приведена схема делителя частоты с регулируемым стабилитроном на основе микросхемы DA1 TL431. Амплитуду выходных импульсов можно плавно регулировать потенциометром R2 в пределах от 5 до 35 В. Коэффициент деления задается

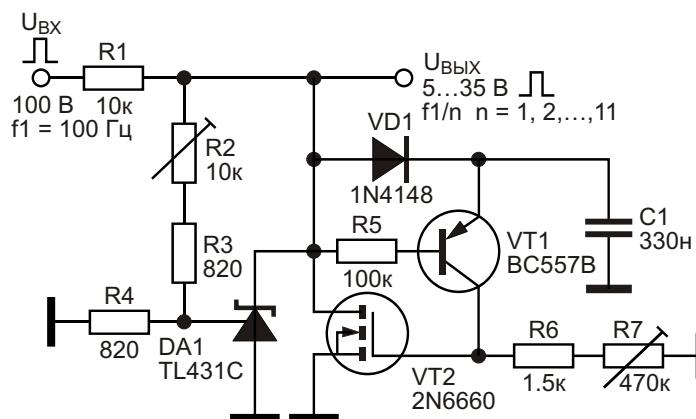


Рисунок 3. Низкочастотный делитель частоты с плавно регулируемой амплитудой импульсов выходного напряжения в пределах от 5 до 35 В.

потенциометром R7 в пределах от 1 до 11. Частота входных сигналов 100 Гц. Для работы делителя частоты, Рисунок 3, необходимо вначале выставить необходимый уровень напряжения стабилизации, а затем выбрать требуемый коэффициент деления частоты.

Несколько слов необходимо посвятить недостаткам делителей частоты, которые стоит учитывать при их эксплуатации. Коэффициент деления устройств зависит от скважности входных импульсов, что, чаще всего, вполне приемлемо, поскольку «по умолчанию» скважность импульсов цифровых сигналов не меняется во времени и равна двум. Амплитуда входных импульсов также должна быть стабильна во времени. Максимальная частота входных импульсов определяется инерционностью используемых полупроводниковых элементов, особенно стабилитрона.

Диапазон выбора коэффициента деления при необходимости можно существенно расширить, варьируя постоянной времени $C1(R3+R4)$, Рисунок 1, или $C1(R6+R7)$, Рисунок 3. **РЛ**

Литература

1. Шустов М.А. Цифровая схемотехника. Основы построения. – СПб.: Наука и Техника, 2018. – 320 с.
2. Шустов М.А. Цифровая схемотехника. Практика применения. – СПб.: Наука и Техника, 2018. – 432 с.

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments TL431A](#)
2. [Datasheet Microchip 2N6660](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor BC557B](#)
4. [Datasheet NXP BZX84](#)

Усовершенствованная схема драйвера белого светодиода на полевом транзисторе

Dan Awtrey

Electronic Design

Соединив светодиод и MOSFET обедненного типа, можно создать эффективный управляемый драйвер на основе источника тока

Ярким светодиодам видимого диапазона нужен источник постоянного тока. В описанной ниже простой схеме такого источника, не создающей радиопомех, используются преимущества, предоставляемые новыми нормально открытыми мощными MOSFET обедненного типа.

Исторически простейшим способом управления такой нагрузкой, как светодиод, является использование постоянного или переменного сопротивления между источником питания и нагрузкой (Рисунок 1). Достоинством этой схемы является только низкая стоимость, поскольку ток не остается постоянным,

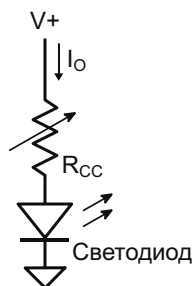


Рисунок 1. Простейшим способом задания тока светодиода является использование токоограничительного резистора.

а зависит от напряжения питания и изменяется с повышением температуры при увеличении токовой нагрузки. Низкий КПД можно улучшить, заменив пассивный резистор активным компонентом или схемой, сопротивление которой автоматически регулируется, чтобы поддерживать определенное значение тока, даже при изменениях напряжения питания и/или нагрузки.

Возможности источников постоянного тока, построенных с использованием нормально открытых полевых транзисторов с управляющим р-п переходом или обедненных MOSFET, ограничены очень низкими уровнями мощности. Эти устройства управляются напряжением, а не током, как в старых транзисторах с биполярным переходом. Если малосигнальные полевые транзисторы с р-п переходом доступны с каналами как р, так и п типов, то новые обедненные MOSFET, способные управлять большими токами, необходимыми для синих и белых светодиодов, в настоящее время ограничены п-типами.

В традиционных схемах источников тока на обедненных MOSFET (Рисунок 2) используются только МОП-транзистор и резистор (постоянный или переменный). Ток, проходя-

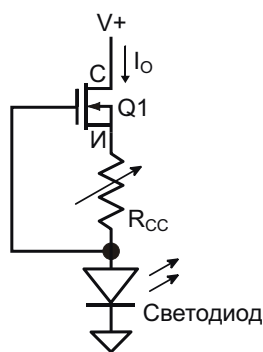


Рисунок 2. Улучшенный вариант с полевым транзистором в качестве источника тока.

щий через МОП-транзистор, создает падение напряжения на резисторе, сопротивление которого подобрано таким, чтобы это напряжение превышало напряжение отсечки на величину, необходимую для обеспечения требуемого постоянного тока I_o . Двухвыводной источник постоянного тока позволяет произвольно подключать нагрузку либо к стоку, либо, чаще всего, как показано на рисунке, к выводу затвора.

MOSFET обедненного типа IXTP3N50D2, выпускаемый компанией IXYS, управляет 5-ваттным светодиодом LZI-00NW05 компании LEDengin (190 лм при токе 1 А). Для схемы требуется резистор (R_{CC}) от 2 до 10 Ом мощностью от 1 до 2 Вт. Для достижения максимального КПД напряжение питания должно быть как можно ближе к прямому напряжению светодиода V_F .

Хотя традиционный источник постоянного тока компактен и эффективен, он обеспечивает лишь ограниченный диапазон управле-

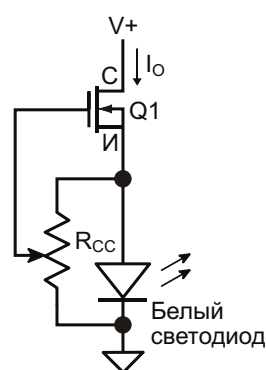


Рисунок 3. Включение потенциометра параллельно светодиоду вместо реостатного включения позволяет создать более эффективную архитектуру регулируемого источника тока, питающего светодиод.

ния током с помощью переменного резистора R_{CC} и обычно требует мощного постоянного резистора, индивидуально подобранного для каждого МОП-транзистора. Это связано с тем, что напряжение отсечки ($V_{GS(OFF)}$), необходимое для управления МОП-транзистором, имеет большой разброс от устройства к устройству, как и прямое напряжение V_F светодиода. Это делает схему непрактичной для массового производства.

Новая схема позволяет управлять напряжением отсечки ($V_{GS(OFF)}$) MOSFET обедненного типа. В ней мощный последовательный реостат R_{CC} стандартной схемы заменен светодиодом, а высокоомный потенциометр (делитель напряжения) включен параллельно светодиоду (Рисунок 3).

В представленной на этой схеме комбинации обедненного MOSFET и светодиода полевой транзистор генерирует ток, управляемый напряжением, в то время как светодиод, подключенный непосредственно к стоку Q1, генерирует напряжение, зависящее от тока. Таким образом, максимальный ток проходит через светодиод тогда, когда движок потенциометра находится возле вывода R_{CC} , подключенного к истоку транзистора, и достигает минимального значения, определяемого прямым напряжением светодиода и напряжением $V_{GS(OFF)}$ транзистора, когда движок перемещается к заземленному выводу потенциометра.

Чтобы при крайнем положении движка потенциометра исключить возможность протекания через светодиод слишком большого тока, способного вывести схему из строя, может потребоваться дополнительное небольшое сопротивление, включенное между затвором и R_{CC} , поскольку прямое соединение истока и затвора полностью откроет MOSFET. Прямое напряжение V_F одиночного белого светодиода находится в диапазоне от 3.6 до 3.8 В, а напряжение отсечки $V_{GS(OFF)}$ транзистора IXTP3N50D2 имеет разброс от -2 до -4 В. Эта схема обеспечивает удобный способ регулирования в широком диапазоне яркости свечения светодиода любого цвета без необходимости учета характеристик конкретного МОП-транзистора или светодиода. Значения напряжений также показывают, что величины V_F одного белого светодиода недостаточно для того, чтобы в крайнем положении движка потенциометра управляющий МОП-транзистор был полностью закрыт (Рисунок 4).

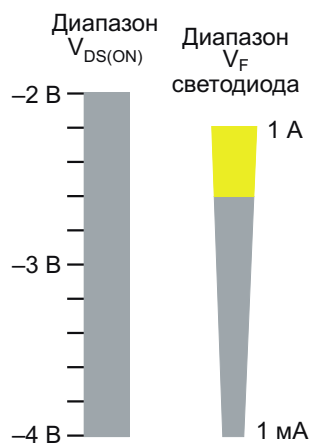


Рисунок 4. Диапазон управляющих напряжений полевого транзистора перекрывает шкалу интенсивности свечения светодиода. (Желтым цветом выделен диапазон номинальных рабочих режимов светодиода).

Если же требуется диапазон управления транзистором от полного его включения до полного выключения, простое решение заключается в последовательном соединении двух светодиодов. Такая схема работает в устройстве автора при напряжениях питания в диапазоне от 2.8 до 12 В, и будет работать также до максимально допустимого напряжения полевого транзистора, однако для этого потребуются радиатор. Лучшим подходом было бы увеличить количество последовательных светодиодов, чтобы суммарное напряжение на них соответствовало напряжению питания с точки зрения рассеиваемого тепла и КПД. Например, 500-вольтный 3-амперный MOSFET IXTP3N50D2 может в автономном приложении управлять тремя параллельными цепочками из ста 5-ваттных белых светодиодов.

Для установки напряжения на затворе обедненного MOSFET имеет значение не

полное сопротивление потенциометра, а только отношение сопротивлений выше и ниже движка, умноженное на V_F светодиода. Полное сопротивление потенциометра определяет лишь потребляемый им ток и равно произведению n на прямое напряжение светодиода, деленному на сопротивление резистора R_{CC} , включенного параллельно светодиоду (где n – количество светодиодов в цепочке).

Для одиночного светодиода ток, идущий через 100-килоомный потенциометр, включенный параллельно светодиоду, составляет всего 0.037 мА (0.14 мВт), поэтому подойдет любой подстроечный резистор, что на порядки лучше, чем использование последовательного реостата. Кроме того, поскольку MOSFET управляется напряжением, сопротивление потенциометра может в разы превышать это значение и при этом соответствовать характеристикам транзистора, что позволяет дополнительно снизить потери мощности в цепи управления до ничтожных значений. При последовательном соединении двух и более светодиодов сопротивление потенциометра может быть пропорционально увеличено до 200 кОм (или более), чтобы сохранить тот же уровень энергопотребления.

Кроме того, поскольку схема не содержит реактивных или переключающих компонентов, она имеет коэффициент мощности, равный единице. Она также не создает электромагнитных помех, и поэтому не попадает в сферу регулирования Части 15 правил FCC, регламентирующих уровни ЭМИ. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet IXYS IXTP3N50D2](#)
2. [Datasheet LedEngin LZ1-00NW05](#)
3. [Datasheet PerkinElmer VT900](#)

Цифровой потенциометр программирует основные параметры полосового фильтра

Chuck Wojslaw

EDN

Схема фильтра с регулируемыми параметрами на трех операционных усилителях может использоваться для построения низкочастотных, высокочастотных и полосовых фильтров второго порядка. Преимущество схемы, однако, проявляется в частотной характеристике полосового фильтра (V_{OUT}/V_{IN}), в которой легко

добиться высокого усиления G и высокой добротности Q (Рисунок 1). Эти два параметра особенно важны для приложений, где ключевым параметром является избирательность фильтра. Ценность схемы возрастает еще больше, если для управления и регулировки центральной частоты фильтра (f_0) и его коэф-

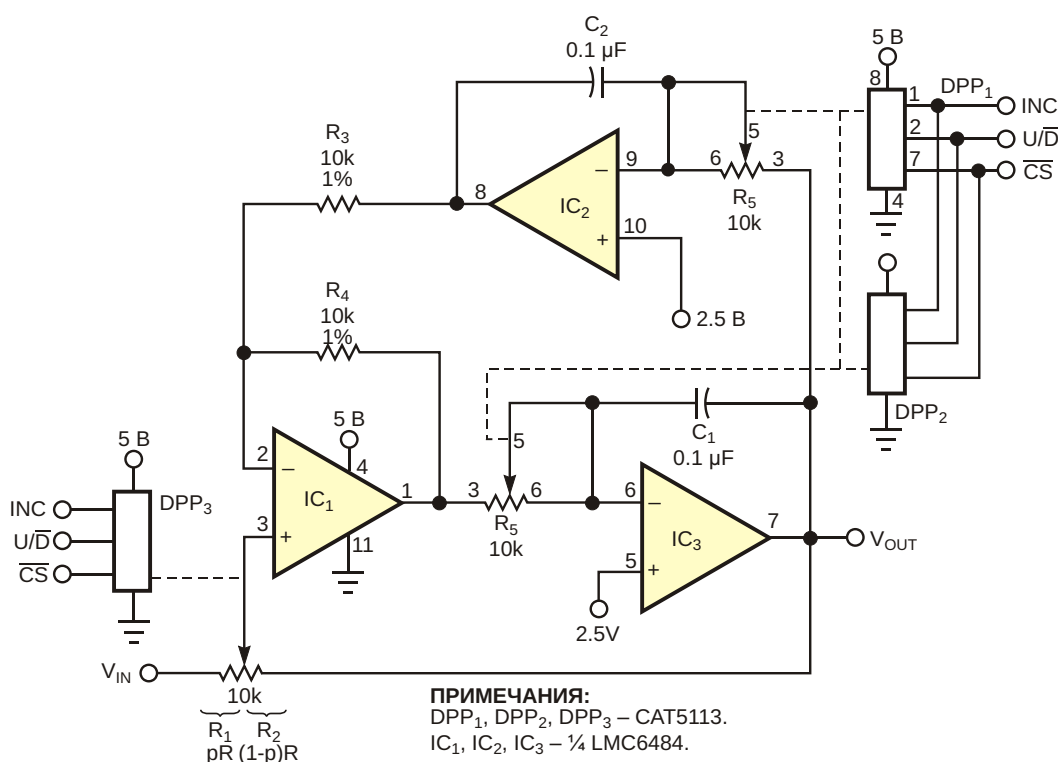


Рисунок 1. Используя программируемые цифровые потенциометры, можно управлять центральной частотой и усилением полосового фильтра.

коэффициента усиления в полосе пропускания (G) использовать программируемые цифровые потенциометры. Возможность независимого управления параметрами полосового фильтра является редкостью для традиционных схем построения фильтров.

В этом фильтре микросхема IC_1 выполняет функцию суммирующего усилителя, а IC_2 и IC_3 – функции интеграторов. Три цифровых потенциометра DPP_1 , DPP_2 и DPP_3 программируют центральную частоту и коэффициент усиления в полосе пропускания фильтра. Выпускаемые ON-Semiconductor 100-позиционные цифровые потенциометры DPP_1 и DPP_2 объединены для программирования центральной частоты f_0 , а DPP_3 программирует коэффициент усиления G . Центральная частота равна

$$f_0 = \frac{1}{2 R_5 C_1} = \frac{1}{2 p R C_1},$$

а коэффициент усиления равен

$$G = \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{p},$$

где p отражает относительное положение движка между одним концом (0) потенциометра и другим концом (1). R представляет сопротивление между концами цифрового потенциометра. Коэффициент усиления и Q связаны соотношением

$$Q = \frac{1}{2} G.$$

Интерфейс инкремента/декремента цифровых потенциометров CAT5113 позволяет в реальном времени замкнуть петлю регулирования приложения, непрерывно изменяя центральную частоту фильтра для отслеживания входного сигнала или для адаптации к системным требованиям. С показанными на схеме номиналами компонентов центральная частота изменяется от 200 Гц до более чем 6 кГц при значениях коэффициента усиления, достигающих 25. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor CAT5113](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LMC6484](#)

Две кнопки обеспечивают безопасный запуск

Vincent Himpe

EDN

Схема на Рисунке 1 обеспечивает защитную блокировку, которая перед включением реле проверяет нажатие двух кнопок. Если нажать две кнопки, включится реле. После этого одну из кнопок можно отпустить, но реле не выключится. Схема была предназначена для блокировки двигателя подводной силовой установки. При работе с такими устройствами на поверхности человек может случайно нажать на выключатель привода,

который установлен внутри рукояток силового агрегата. Объединение по «И» двух выключателей делает устройство более безопасным, но требует для управления двух рук, что иногда бывает крайне неудобно. Для запуска двигателя с помощью схемы на Рисунке 1 нужны две руки, однако для того, чтобы он продолжал работать, достаточно одной руки. Если ни одна из кнопок не нажата, двигатель останавливается. В схеме нетипичным спо-

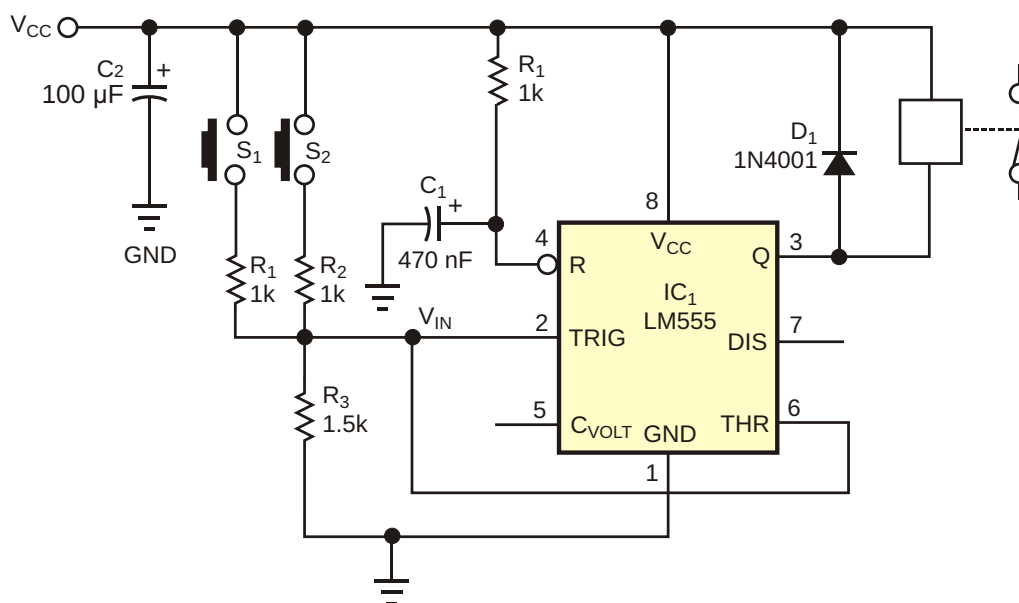


Рисунок 1. Нажатие двух кнопок включает реле; нажатие одной кнопки удерживает его во включенном состоянии.

собом используется микросхема таймера 555 (IC₁). Таймер в этой схеме работает как оконный компаратор с последующим элементом памяти.

Нажатие одной кнопки устанавливает на входе TRIG напряжение, уровень которого находится между двумя порогами компаратора и, следовательно, не влияет на состояние внутреннего триггера таймера 555. Только при нажатии двух кнопок напряжение поднимается выше верхнего порогового уровня и устанавливает внутренний триггер микросхемы. Отпускание одной кнопки возвращает входное напряжение обратно к среднему значению между порогами окна и не оказывает влияния на состояние триггера. Отпускание двух кнопок подключает вход к земле, то есть, ниже нижнего порога переключения, и выход сбрасывается. Поскольку пороговые уровни таймера задаются резистивным делителем, напряжение питания не оказывает влияния на поведение схемы. Вход сброса R таймера 555 подключен к RC-цепочке, обеспечивающей сброс микросхемы при включении питания. Варьируя сопротивление резистора, можно изменять условия работы схемы. Высокая нагрузочная способность микросхемы 555 позволяет управлять почти любым реле. Дiode на выходе защищает таймер 555 от противоЭДС катушки реле, возникающей, когда реле выключается.

Пороговые уровни микросхемы 555 равны одной трети и двум третям напряжения питания. Сопротивления резисторов R₁ и R₂ равны. Пока ни одна кнопка не нажата, вход

через резистор R₃ подключен к земле. При нажатии одной кнопки входное напряжение увеличивается до

$$\frac{V_{CC}R_3}{R_1 + R_3}.$$

Если нажать обе кнопки, входное напряжение увеличится до

$$\frac{V_{CC}R_3}{0.5R_1 + R_3}.$$

Если R₃ = 1.5 кОм и R₁ = R₂ = 1 кОм, условия работы схемы будут следующими:

- Нет нажатых кнопок: V_{IN} = 0 В; выход выключен.
- Нажата одна кнопка: V_{IN} = 0.6V_{CC} – ниже верхнего порога 0.66V_{CC}; состояние схемы не меняется.
- Нажаты две кнопки: V_{IN} = 0.75V_{CC} – выше верхнего порога 0.66V_{CC}; реле включается.

Схема поддается модификации. Можно добавить аварийное выключение, присоединив выключатель параллельно конденсатору C₁. А подключение конденсаторов параллельно резисторам R₁ и R₂ добавит задержку срабатывания схемы. Можно также изменить пороговые уровни, включив резистор между выводом 5 таймера и шиной V_{CC} или землей. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM555](#)

Высокоимпедансный буферный усилитель с защитой входов от электростатических разрядов

Eugene Palatnik

EDN

Для измерения некоторых параметров, таких как pH (кислотность) и биопотенциалы, требуются буферные усилители с высоким входным сопротивлением. Микросхемы усилителей с низкими значениями напряжений смещения и входных токов предлагают многие производители полупроводников, но при подключении кабеля датчика к схеме усилителя существует риск повреждения электростатическим разрядом (ESD), что требует соответствующей защиты усилителя. Пример неудовлетворительного решения этой

проблемы показан на Рисунке 1. Резистор R_1 ограничивает ток, создаваемый ESD, а диоды D_{1A} и D_{1B} не позволяют входному напряжению усилителя IC_1 превысить уровни шин питания. К сожалению, при шунтировании 400-мегаомного входного импеданса датчика pH даже диоды с малой утечкой, такие как MMBD1503A, выпускаемые ON Semiconductor, создают значительные напряжения смещения.

Альтернативный подход иллюстрируется схемой на Рисунке 2. Усилитель AD8603 компании Analog Devices с низкими входными токами и низкими токами смещения выполняет функцию входного буфера с единичным усилением. Для любого нормального входного сигнала выходное напряжение схемы V_{OUT} равно входному напряжению V_{IN} . Поэтому напряжение на диоде защиты от электростатических разрядов D_{1A} или D_{1B} приближается к 0 В, и ток утечки ни одного из диодов не влияет на выходной сигнал датчика. В зависимости от полярности ESD, приложенного к входному разъему схемы, высоковольтный пик разряжается через диод D_{1A} или D_{1B} на положительную или отрицательную шину питания. Конденсатор C_1 работает как промежуточное «хранилище заряда», которое уменьшает скорость нарастания пика ESD и защищает выходной каскад микросхемы IC_1 от защелкивания, пока диод D_{2A} или D_{2B} не начнет отводить ток ESD в положительную

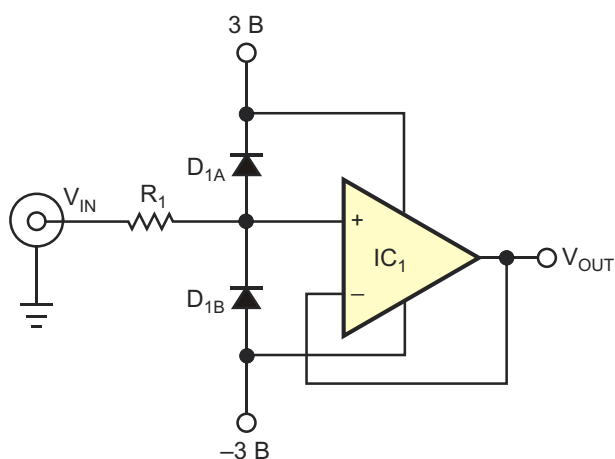


Рисунок 1. В обычной схеме защиты от электростатических разрядов диоды ограничивают входное напряжение усилителя до уровня его шин питания, но являются причиной нежелательных токов утечки.

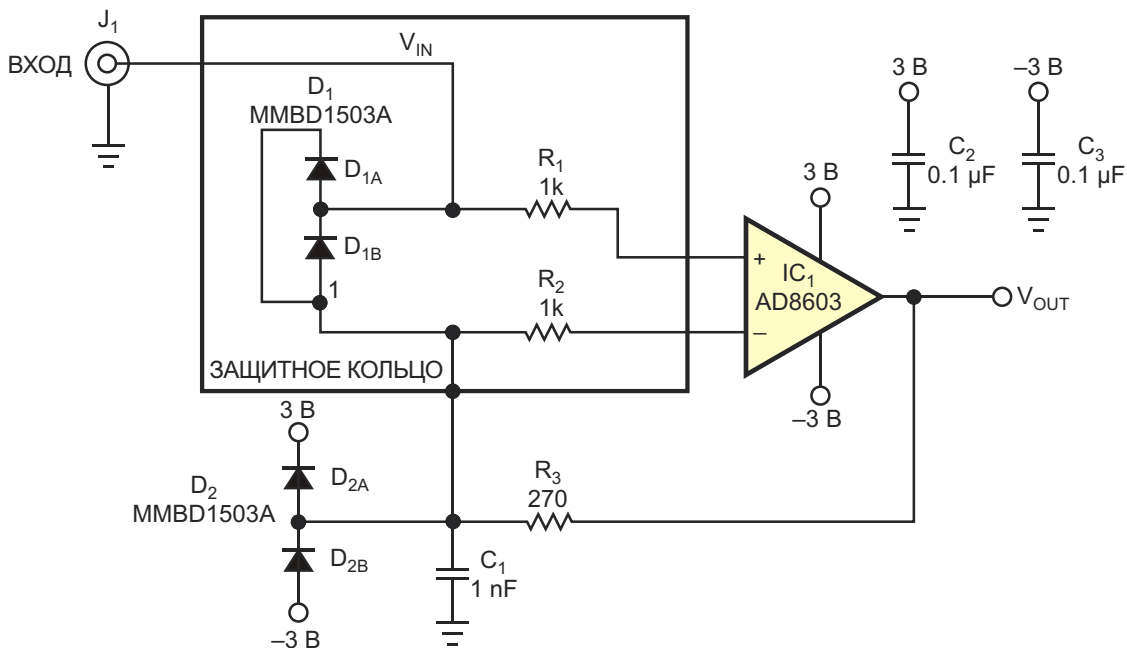


Рисунок 2. В этой альтернативной схеме напряжение на обеих половинах D_1 в нормальном режиме приближается к нулю и не приводит к возникновению токов утечки. Во время электростатического разряда оба диода проводят ток, защищая входы микросхемы IC_1 .

или отрицательную шину питания. По сути, C_1 компенсирует паразитную емкость D_1 . Резистор R_3 обеспечивает устойчивость

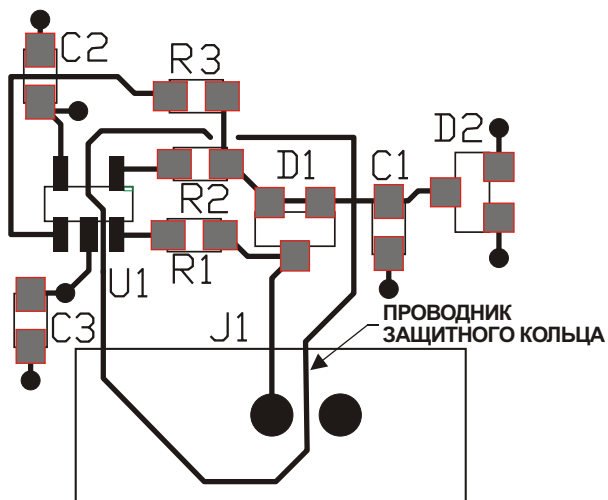


Рисунок 3. Для получения наилучших характеристик окружите высокоимпедансные точки схемы медными проводниками, которые будут перехватывать токи утечки.

микросхемы IC_1 при подключении емкостной нагрузки.

Во время электростатического разряда проводить ток могут как D_1 , так и D_2 , но при этом входное напряжение V_{IN} превышает напряжение шины питания только на два прямых напряжения диода. Резисторы R_1 и R_2 ограничивают входные токи усилителя ниже рекомендованного изготовителем максимального уровня 5 мА.

При изготовлении схемы обращайте особое внимание на разводку печатной платы. Из-за несовершенства диэлектрических свойств платы могут возникнуть пути для паразитных токов утечки. Добавление медных проводников с обеих сторон платы для создания защитных колец вокруг высокоимпедансных узлов отклоняет токи утечки (Рисунок 3). [РД](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8603](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor MMBD1503A](#)

Недорогой анемометр борется с пылью

Jim Christensen

EDN

Растущие уровни рассеиваемой мощности требуют интенсивного охлаждения, и все больше и больше вентиляторов оказываются в тесных корпусах электронных устройств.

Однако пыль, которую вентиляторы затягивают в эти корпуса, может создавать серьезные проблемы для высоконадежных систем. Покрывая теплоотводы и электрически заря-

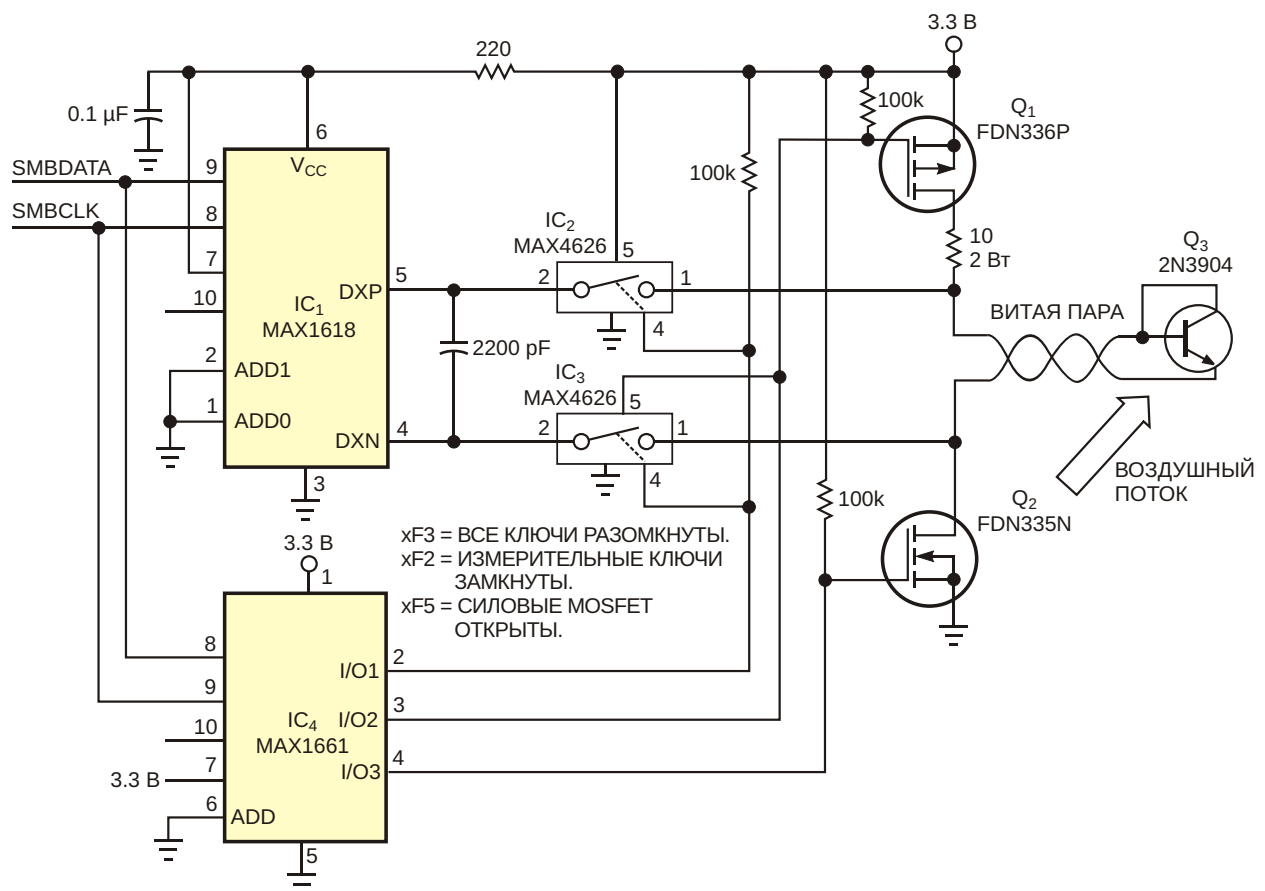


Рисунок 1. Нагревая транзистор Q3 и измеряя время, за которое его температура возвращается к исходному значению, этот анемометр измеряет величину воздушного потока.

женные компоненты, пыль действует как одеяло, увеличивающее эффективное тепловое сопротивление между компонентами и воздухом. Простым способом борьбы с этой проблемой является установка на воздухозаборник одноразового фильтра. Однако если вы не сможете регулярно заменять фильтр, он может забиться и действовать как воздушная заслонка – ситуация, еще более неприятная, чем первоначальная проблема. Попытка обнаружить засорение фильтра путем считывания числа оборотов вентилятора с помощью сигналов тахометра бесполезна, поскольку скорость вращения вентилятора не имеет прямой связи с потоком воздуха. Плохое обслуживание фильтра можно обнаружить, определив фактический поток воздуха с помощью теплового анемометра, но большинство электронных анемометров дороги и громоздки. В качестве альтернативы вы можете создать анемометр с шиной SMBus/I²C, используя преобразователь интерфейсов, несколько недорогих коммутаторов и дешевый дистанционный датчик температуры (Рисунок 1).

Для выключения MOSFET Q₁ и Q₂ и включения аналоговых переключателей IC₂ и IC₃ используйте преобразователь интерфейсов IC₄ с шиной SMBus. Измерьте температуру окружающего воздуха без предварительного нагрева транзистора Q₃. Затем пропустите ток для нагрева Q₃, выключите IC₂ и IC₃ и включите Q₁ и Q₂. Для достижения температурного равновесия обеспечьте «выдержку» длительностью порядка пяти минут. (Точное время нагрева, необходимое для установления равновесия, зависит от конкретного устройства; вы должны определить его экспериментально). Дождавшись равновесия, снимите питание с транзистора Q₃, выключив Q₁ и Q₂, и замкните аналоговые ключи IC₂ и IC₃, чтобы произвести измерения температуры. Воздушный поток напрямую связан со скоростью, с которой падает температура.

Таблица 1. Зависимость времени охлаждения от напряжения вентилятора

Напряжение вентилятора (В)	Время охлаждения (с)
12	30
8	47
6	60
0 (нет вентилятора)	84

Вы можете измерить его величину, оценив время, необходимое для того, чтобы температура транзистора вернулась в пределы 1° от ее первоначального значения. Датчик температуры инжектирует небольшой ток в базовый переход, поэтому важно аккуратно развести печатную плату, чтобы не допустить проникновения помех в линии DXP и DXN.

Если выносной транзистор вам нужно установить в воздуховоде, использование витой пары позволит удалить его от схемы на расстояние до 3.5 м. В Таблице 1 показана зависимость напряжения на вентиляторе (воздушного потока) от времени охлаждения для случая, когда датчик температуры размещен примерно в 36 см от вентилятора, работающего на полной скорости (12 В), средней скорости (8 В), низкой скорости (6 В) и нулевой. Время выдержки могут достигать 30 минут. При включенном нагреве транзистора Q₃ схема потребляет примерно 200 мА. Если такое рассеяние мощности чрезмерно и создает проблемы, можно снизить период измерений до часов или даже суток, поскольку изменения в потоке воздуха происходят очень медленно. Вы также можете запланировать измерения на время низкой активности системы, когда общее энергопотребление мало. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX1618](#)
2. [Datasheet Maxim Integrated MAX1661](#)
3. [Datasheet Maxim Integrated MAX4626](#)
4. [Datasheet ON Semiconductor FDN335N](#)
5. [Datasheet ON Semiconductor FDN336P](#)

Приложение. Команды I2C

Запись в MAX1661 (адрес = 40h):
F3h F2h

Разомкнуть все ключи; затем замкнуть измерительные ключи

Запись в MAX1661 (адрес = 30h):
09h 48h
0Fh
W 01 R ??h

Запись конфигурации; однократный режим
Команда однократного измерения
Чтение окружающей температуры

Запись в MAX1661
F3h F5h

Разомкнуть все ключи; затем включить силовые MOSFET

Выдержка в течение 5 минут

Запись в MAX1661
F3h F2h

Разомкнуть все ключи; затем замкнуть измерительные ключи

Запись в MAX1661
0Fh
W 01 R ??h

Команда однократного измерения
Чтение температуры

Зациклите две последние инструкции и подсчитайте, сколько времени потребуется, чтобы температура упала до начальной температуры окружающей среды + 1°.

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

ОКО Мобайл 3G

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



ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ “ОКО АРХИВ”

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

ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet
сменный жесткий диск

ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet
встроенный жесткий диск

ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



“Децима”
Москва, Зеленоград, проезд 4922, дом 4, строение 1
тел: +7 (495) 988 48 58
<http://www.decima.ru>

Два варианта преобразователя SEPIC

Gheorghe Plasoianu

EDN

Преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью (SEPIC) является хорошо известной разновидностью DC/DC преобразователя, который в своей стандартной форме может вырабатывать выходное напряжение большее, меньшее или равное входному, и той же полярности. Это делает его особенно полезным в приложениях с батарейным питанием, где начальное напряжение выше, а к концу становится ниже требуемого стабилизированного выходного напряжения.

В стандартной схеме SEPIC управляющее устройство (обычно это MOSFET, представленный на Рисунке 1 переключателем S1) устанавливает выходное напряжение в соответствии с величиной коэффициента заполнения D. Выходное напряжение определяется коэффициентом преобразования:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{D}{1 - D}$$

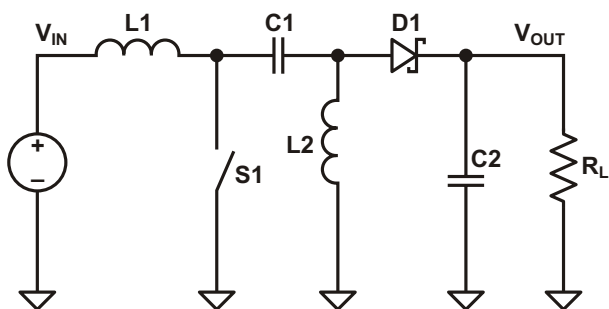


Рисунок 1. Стандартная форма преобразователя SEPIC.

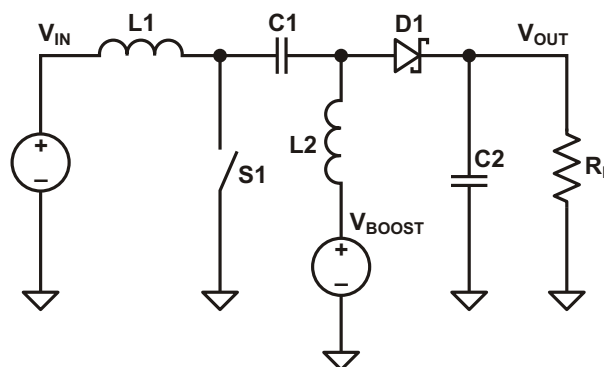


Рисунок 2. Преобразователь SEPIC с источником вольтодобавки.

При необходимости имеется возможность сместить выходное напряжение, подключив нижний конец L2 к источнику постоянного напряжения V_{BOOST} , как это показано на Рисунке 2.

Выходное напряжение при такой конфигурации схемы будет равно

$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{D}{1 - D} + V_{BOOST}$$

Вариант 1

Поскольку управляющий элемент работает только с частью выходного напряжения, этот подход можно использовать для стабилизации напряжения, намного превышающего допустимое напряжение MOSFET. Рисунок 3 демонстрирует схему проверенной работоспособной конструкции с напря-

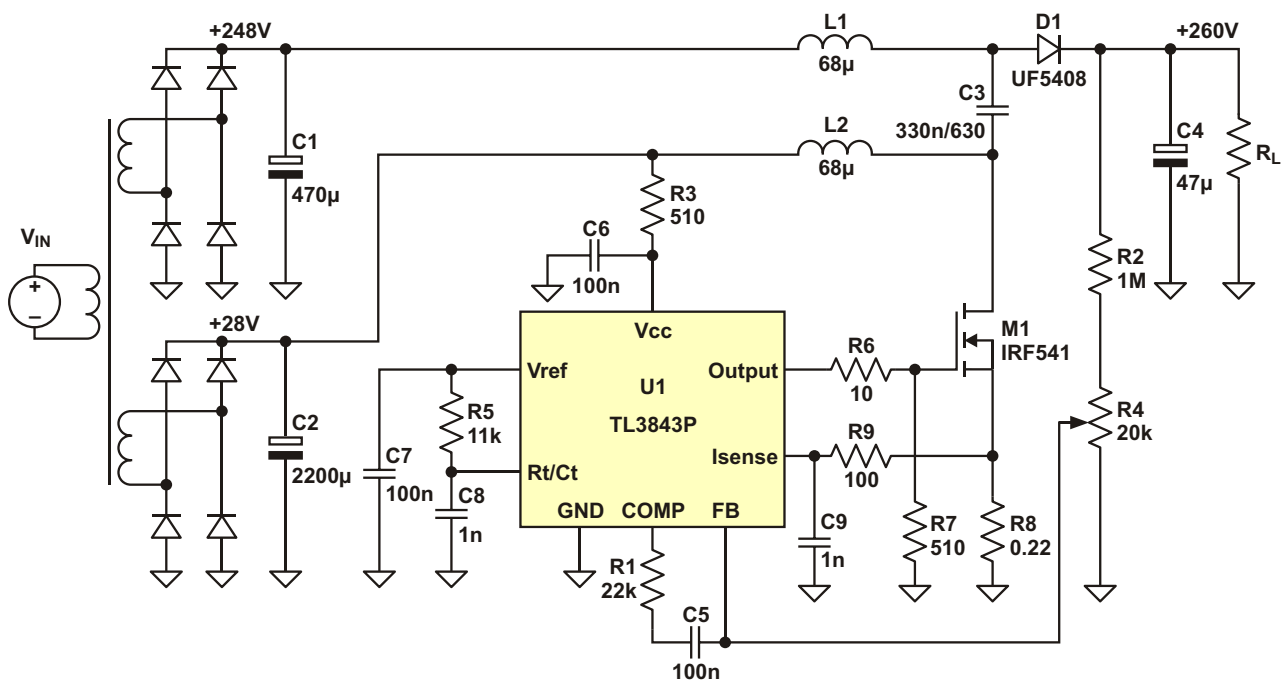


Рисунок 3. Полная схема преобразователя SEPIC с высоковольтным выходом и вольтдобавочной обмоткой трансформатора.

жением вольтдобавки, создаваемым верхней вторичной обмоткой трансформатора. Преимущество этого преобразователя, в отличие от других аналогичных решений, состоит в том, что напряжение вольтдобавки и регулируемое напряжение имеют общую землю. Следует отметить, однако, что, хотя MOSFET не должен выдерживать высокое напряжение, конденсатор C3 должен быть высоковольтным.

Схема обеспечивает хорошую стабилизацию даже при изменяющейся нагрузке. При испытаниях изменение тока нагрузки от 20 мА до 200 мА приводило к падению выходного напряжения всего на 0.5 В.

Вариант 2

Вариант обычного преобразователя SEPIC, показанный на Рисунке 4, обеспечивает два равных напряжения противоположной полярности, где

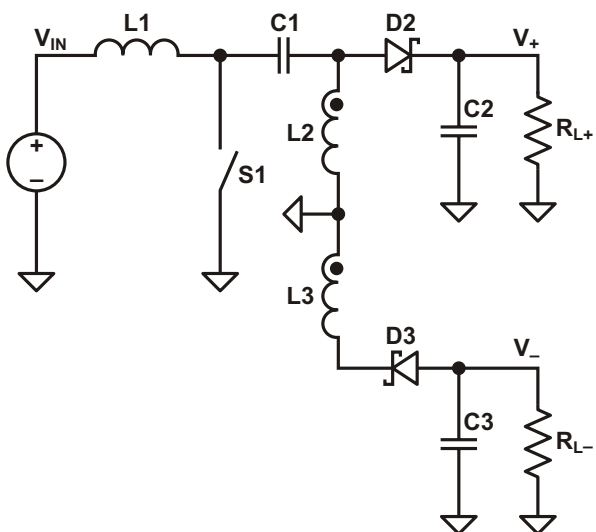


Рисунок 4. Преобразователь SEPIC с биполярными выходами.

$$V_{+} = V_{IN} \frac{D}{1-D}$$

и

$$V_{-} = V_{IN} \frac{D}{1-D}$$

По сравнению с описанным ранее комбинированным преобразователем Ćuk-SEPIC [1], он имеет намного лучшую перекрестную стабилизацию между двумя выходными напряжениями. Однако две индуктивности L2 и L3 должны быть хорошо связаны, чтобы избежать «звона» на катоде D2. Или же, должна использоваться подходящая снабберная

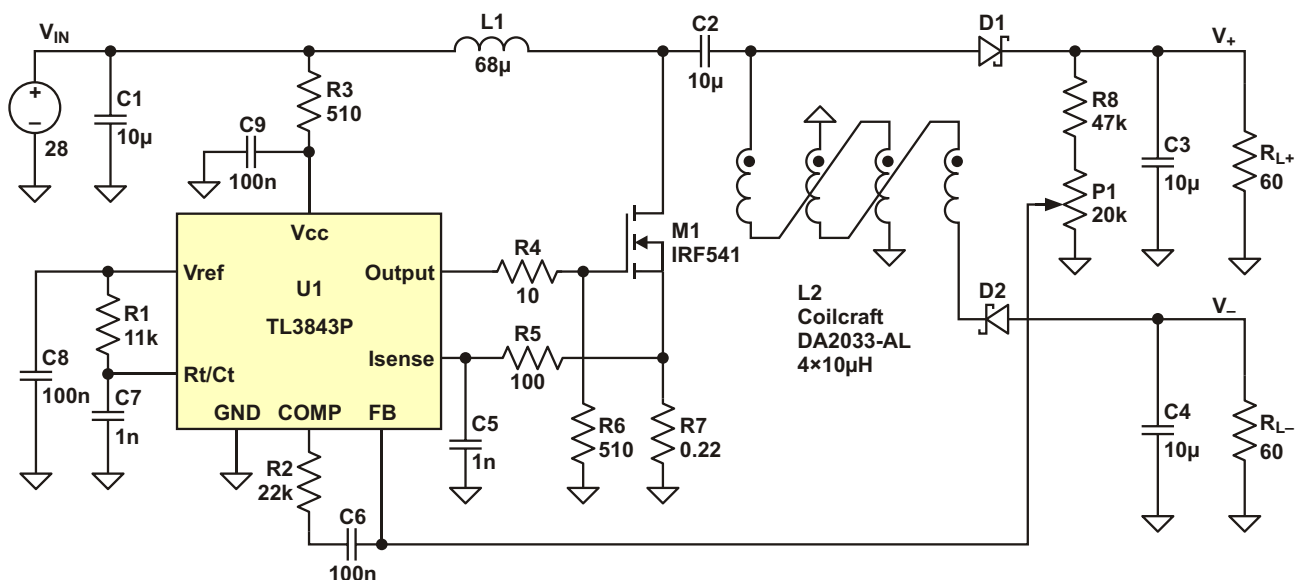


Рисунок 5. Практическая реализация преобразователя SEPIC с двумя выходами.

Таблица 1. Результаты испытаний преобразователя

V_{IN}	I_{IN}	V_+	R_{L+}	V_-	R_{L-}
26.6	0.38	16.00	60	-15.54	60
26.6	0.47	16.00	60	-15.47	40
26.6	0.48	16.00	40	-15.60	60

цепочка. Практическая реализация такого подхода показана на Рисунке 5.

Испытание преобразователя с различными нагрузками дало результаты, представленные в Таблице 1. При этом

$$\frac{dV}{dI_L} \quad 0.46 \text{ В/А,}$$

$$\frac{dV}{dI_L} \quad 0.56 \text{ В/А.}$$

На Рисунке 6 представлены формы сигналов на затворе MOSFET и, соответственно, на катоде D2 и аноде D1. **РЛ**

Ссылки

1. [SEPIC/Ćuk converter sprouts second output](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments TL3843P](#)
2. [Datasheet ISC IRF541](#)
3. [Datasheet Vishay UF5400](#)

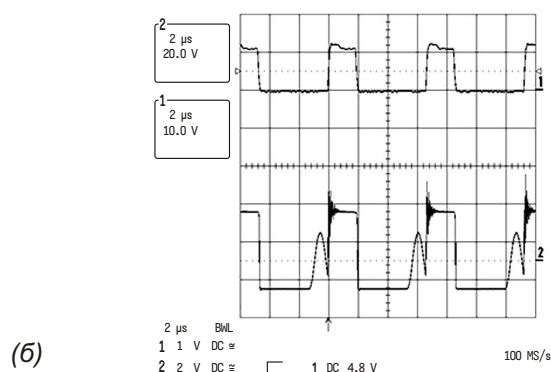
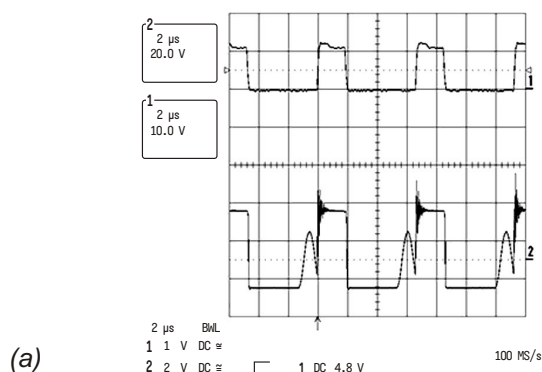


Рисунок 6. Зависимость напряжения на затворе MOSFET от напряжения на катоде D2 (а) и аноде D1 (б).

Высоковольтный регулятор, собранный полностью на SMD компонентах

Tom Gross

EDN

Сделать источник высокого напряжения, преобразуя относительно низкое входное напряжение, может быть непросто, особенно, если требуется конструкция для повер-

хностного монтажа. Сложно найти SMD компоненты с нужными характеристиками, особенно трансформаторы и силовые ключи. Найти высоковольтные конденсаторы для

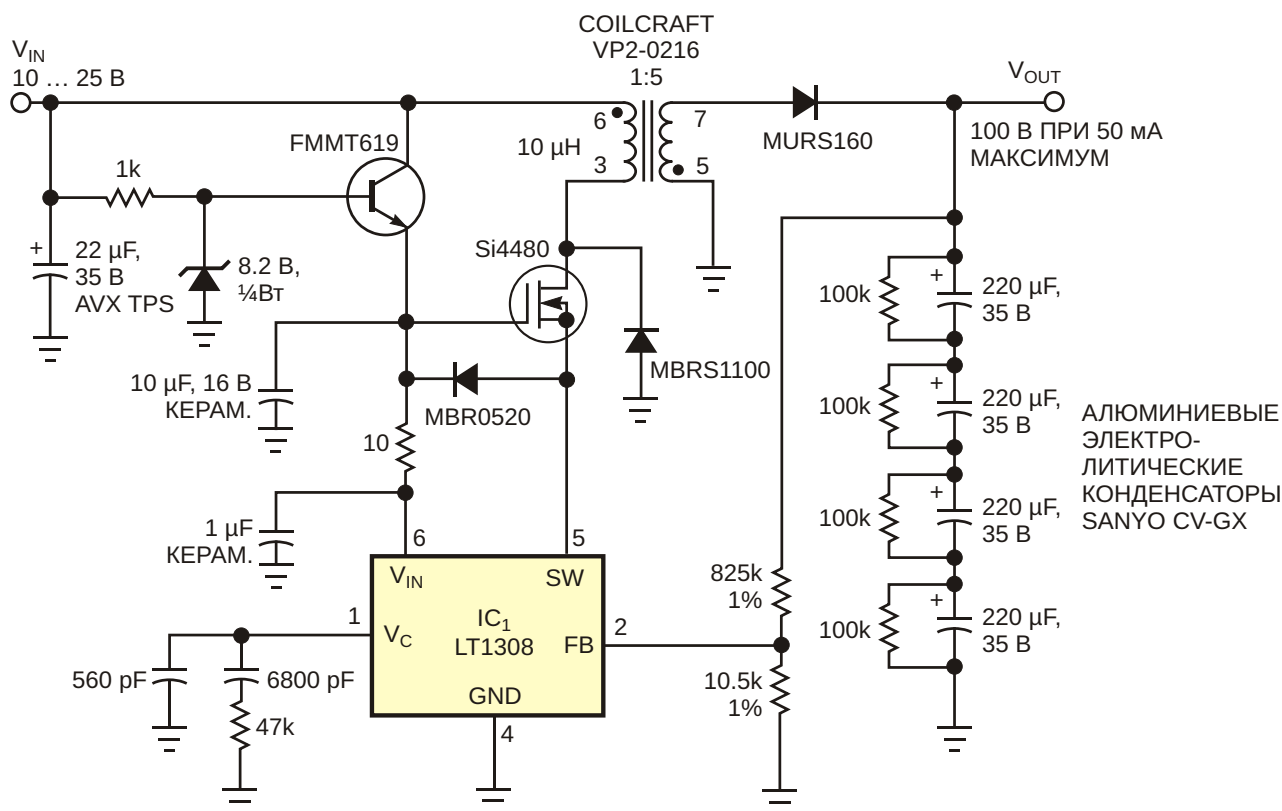


Рисунок 1. В этом высоковольтном регуляторе с бутстрепным питанием коммутирующего транзистора используются только компоненты для поверхностного монтажа.

поверхностного монтажа также может быть трудно. Схема на Рисунке 1 преобразует входное напряжение 25 В в выходное напряжение 100 В. Схема представляет собой типичный обратногоходовой регулятор, в котором для работы с высоким напряжением используется несколько хорошо отработанных схемных решений. Первый метод заключается в том, чтобы включить n-канальный MOSFET (Si4480) последовательно с внутренним мощным транзистором микросхемы IC₁. При выключении коммутирующего транзистора на нем выделяется большое напряжение. Высокое коммутируемое напряжение представляет собой сумму входного напряжения и отраженного выходного напряжения первичной обмотки трансформатора. Использование каскодного полевого транзистора не только увеличивает допустимое коммутируемое напряжение, но также устраняет необходимость в снабберной цепочке, параллельной первичной обмотке трансформатора.

Когда напряжение на истоке становится низким, MOSFET, естественно включается. Но подать входное напряжение непосредственно на затвор нельзя, поскольку максимальное входное напряжение (25 В) превышает максимально допустимое значение ± 20 В для напряжения затвора и истока MOSFET. Поэтому в схему добавлен эмиттерный повторитель для подачи постоянного напряжения на затвор MOSFET. Резистор сопротивлением 1 кОм ограничивает ток через стабилитрон 8.2 В и обеспечивает базовый ток n-p-n транзистора. В результате на эмиттере n-p-n транзистора и на подключенном к нему затворе MOSFET устанавливает-

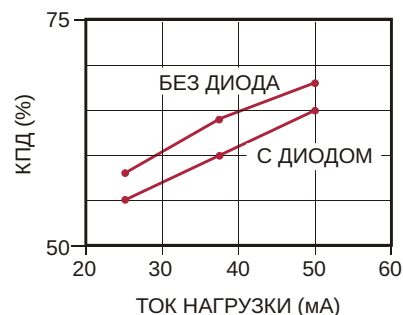


Рисунок 2. Использование бутстрепного диода в схеме на Рисунке 1 увеличивает КПД примерно на 3%.

ся напряжение 7.5 В – более чем достаточное для МОП-транзистора с логическим уровнем управления. Вход V_{IN} микросхемы IC₁ также подключен к эмиттеру транзистора через RC-фильтр. Удобной особенностью этой схемы является то, что коммутирующее напряжение микросхемы через диод подается обратно на вход. Такое включение позволяет немного повысить КПД и компенсировать его потерю из-за использования каскодного полевого транзистора и эмиттерного повторителя. На Рисунке 2 приведены графики зависимости КПД регулятора от нагрузки для двух вариантов схемы: с бутстрепным диодом и без него. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LT1308A](#)
2. [Datasheet Vishay SI4480EY](#)
3. [Datasheet Diodes FMMD619](#)
4. [Datasheet Diodes MURS160](#)
5. [Datasheet ON Semiconductor MBRS1100T3G](#)
6. [Datasheet Eaton VP2-0216](#)



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Если Вам
небезразличны темы:

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

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

приглашаем к сотрудничеству!

РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

Приложение для мобильных устройств (планшетов и смартфонов)



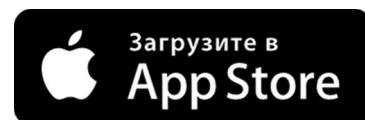
ANDROID »
GOOGLE PLAY



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



IOS (IPHONE, IPAD) »
APP STORE



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

Устанавливайте приложение и скачивайте!
Доступен весь архив номеров журнала.