

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Июнь 2013 (25)

PCBWeb: новейшее средство проектирования печатных плат в облаках

38

Новая технология светодиодного освещения с использованием H-моста

61

Что искажает показания промышленных датчиков?

19

Биполярный ключевой каскад

45

Сигналы Wi-Fi позволят распознавать жесты на территории всего дома

4

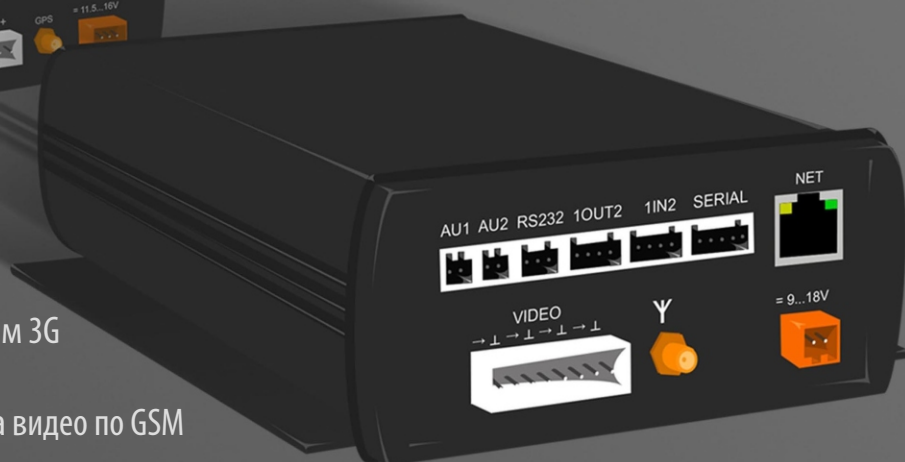


ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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>

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

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

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

Оформление
бесплатной подписки:
www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 Сигналы Wi-Fi позволят распознавать жесты на территории всего дома
- 5 Microchip представляет первые в мире программируемые контроллеры USB2-концентраторов с поддержкой USB2 и HSIC
- 6 Vishay Intertechnology представила самые мощные в отрасли термopредохранители для устройств автоэлектроники
- 7 Dialog Semiconductor выпускает микросхему Bluetooth Smart с рекордно низким энергопотреблением
- 8 AMD выпускает первый в истории процессор с тактовой частотой 5 ГГц
- 8 International Rectifier представила мощный драйвер нижнего плеча в корпусе SOT-23-5L
- 9 Vishay выпустила новые SMD щелевые оптроны для автомобильных и промышленных приложений
- 10 К семейству аудио модулей International Rectifier добавились 60-вольтовые приборы IR4321M и IR4322M
- 11 TI представляет самые миниатюрные в отрасли двухканальные контроллеры сброса для мобильных устройств
- 12 Melexis представила LIN-трансиверы со встроенным регулятором напряжения и сторожевым таймером
- 13 Microchip создала инструмент мониторинга потребляемой мощности для оптимизации программного кода
- 14 Linear Technology выпустила высоконадежный мощный линейный регулятор напряжения с выходами контроля тока и температуры
- 15 Новые сверхминиатюрные MOSFET позволят увеличить КПД смартфонов и планшетных компьютеров
- 16 Peregrine расширяет линейку высокочастотных продуктов микросхемой ФАПЧ следующего поколения
- 17 Преобразователи постоянного тока от Diodes экономят место в светодиодных осветительных приборах

Статьи

- 19 Что искажает показания промышленных датчиков?
- 27 Интегральное зарядное устройство для Li-Ion аккумуляторов с коммутатором, управляющим распределением мощности между параллельными потоками
- 33 Миллиметровые волны раздвинули границы будущих беспроводных технологий. Часть 2
- 38 PCBWeb: новейшее средство проектирования печатных плат в облаках
- 43 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. В июле 1951 года Bell Labs сообщила об изобретении плоскостного транзистора
- 45 Биполярный ключевой каскад
- 50 ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

Схемы

- 52 Эффективный двуполярный преобразователь напряжения шины USB
- 57 Емкостной датчик большой площади на основе управляемого экрана
- 59 DC/DC преобразователь запускается от единственного фотодиода
- 61 Новая технология светодиодного освещения с использованием H-моста

Сигналы Wi-Fi позволят распознавать жесты на территории всего дома

Забыли выключить свет перед уходом из квартиры? Это не проблема. Просто поднимите руку, проведите пальцем по воздуху, и все светильники будут выключены. Хотите сменить песню, которую проигрывает ваша музыкальная система в другой комнате? Поведите руку вправо и пролистывайте песни.

Ученые из Вашингтонского университета разработали технологию распознавания жестов, которая еще на шаг приблизила этот сценарий к реальности. Исследователи показали, что окружающие нас сигналы Wi-Fi можно использовать для обнаружения характерных движений, не используя при этом датчики или камеры.



С помощью адаптированного роутера Wi-Fi и нескольких беспроводных устройств в гостиной пользователи смогут управлять своей электроникой и бытовой техникой из любой комнаты с помощью простых жестов.

Эту новую технологию ученые назвали «WiSee». Принцип действия схож с принципом, применяемым в Xbox Kinect, коммерческом продукте, в котором распознавание жестов осуществляется с помощью камер. Но новая технология проще, дешевле и не требует, чтобы пользователь находился в одной комнате с устройством, которым он хочет управлять. Это связано с тем, что сигналы Wi-Fi могут проходить сквозь стены, на них не накладываются ограничения распространения в зоне прямой видимости или ограничения, присущие звуковым сигналам.

Исследователи создали интеллектуальное приемное устройство, которое «слушает» передачи всех беспроводных приборов, имеющихся в доме, включая смартфоны,

ноутбуки и планшеты. В качестве приемника может использоваться стандартный роутер Wi-Fi.

При движении человека наблюдается небольшое изменение частоты беспроводного сигнала. Перемещение руки или ноги обнаруживается приемником по характеру этих изменений, известных как доплеровский сдвиг частоты.

Эти изменения частоты составляют всего несколько герц и очень малы по сравнению с сигналами Wi-Fi, передаваемыми в полосе 20 МГц на частоте 5 ГГц. Исследователи разработали алгоритм для обнаружения этих небольших сдвигов. Новая технология также учитывает интервалы между сигналами, когда устройства не выполняют передачу.

Технология может определить девять различных жестов, начиная от движений толкания/нажатия, вытягивания и удара кулаком, и заканчивая перемещением всего тела. Ученые провели испытания в двухкомнатной квартире и в офисе с участием пяти человек. Было сделано 900 жестов, из которых WiSee смогла точно классифицировать 94%.

Для работы системы требуется один приемник с несколькими антеннами. Каждая антенна настраивается на определенные движения пользователей, поэтому до пяти человек могут одновременно двигаться в одном помещении, не сбивая с толку приемник.

Если человек захочет использовать WiSee, то для получения доступа к приемнику ему нужно будет совершить определенную последовательность повторяющихся телодвижений. Такой принцип ввода пароля обеспечивает безопасность системы и исключит возможность управления домашними устройствами соседями или хакерами.

После того, как пользователь «закрепит» за собой приемник, он сможет выполнять обычную жестикуляцию для взаимодействия с устройствами и бытовой техникой. Приемник будет запрограммирован на понимание того, что конкретный жест соответствует конкретному устройству.

Таким образом, умный дом может стать реальностью, и вы сможете выключить тай-

мер духовки простым взмахом руки или включить кофеварку, не вставая с кровати.

В дальнейшем ученые планируют изыскать возможность одновременного управле-

ния несколькими устройствами. Первый этап исследовательской работы финансировался факультетом компьютерных наук и техники Вашингтонского университета.

Microchip представляет первые в мире программируемые контроллеры USB2-концентраторов с поддержкой USB2 и HSIC

Семь новых микросхем обеспечивают улучшенный режим зарядки аккумуляторов мост к нескольким последовательным протоколам для разработчиков ПК, мобильных устройств, док-станций и мониторов

Microchip Technology сообщила о расширении линейки контроллеров USB2-концентраторов (UCH2 – USB2 Controller Hub), унаследованной при покупке компании SMSC. Семь новых микросхем UCH2, принадлежащих к трем семействам, первыми в мире предоставляют возможность программирования, позволяя разработчикам ПК и мобильных устройств обходиться без применения внешней памяти для хранения настроек. Кроме того, это первые контроллеры USB от Microchip, которые поддерживают соединения как по USB2, так и USB HSIC (высокоскоростная шин связи между микросхемами), продлевают время работы от батареи посредством режимов малого потребления, например, управлением питанием соединения (Link Power Management) (LPM), а также предоставляют возможность замены зарядных устройств с улучшенными режимами заряда, таких как BC1.2, Apple, SE1 или устройства

интерфейса вывода-вывода к I²C, SPI, UART I²C, SPI, UART и входам/выходам общего назначения. Также они обладают достаточной гибкостью для поддержки особенностей различных операционных систем, как, например, специфической для каждого производителя системы передачи сообщений или режима FlexConnect для упрощения перенаправления портов.

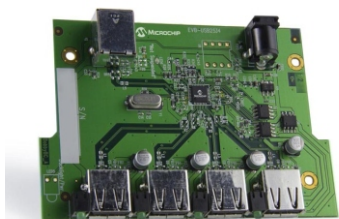
В то время как рынок ПК переходит на USB3, большинство прогнозов предсказывает, что USB2 будет доминировать в сегменте мобильных устройств еще как минимум до 2015 г. Совместное существование USB3 и USB2 ставит перед разработчиками ПК и мобильных устройств сложнейшую задачу обеспечения совместимости при одновременном наращивании новых возможностей и максимальном продлении времени работы от батареи. Семь новых микросхем Microchip из трех семейств, отвечают этим потребностям как производителей ПК, так и мобильных устройств. В то время, как альтернативные контроллеры USB-концентраторов предлагают лишь ограниченные возможности заряда аккумуляторов и требуют наличия внешней памяти, новые микросхемы UCH2 имеют интегрированную «четырёхстраничную» OTP Flash-память настроек, которая экономит место для реализации совместимости и других индивидуальных требований разработчика, сохраняя четыре независимых варианта настройки. Кроме того, Microchip также представила новый программный инструмент ProTouch Configuration Editor, облегчающий процесс подбора параметров конфигурации и программирования OTP-памяти.



китайских производителей. Для приложений, где необходима коммуникация по нескольким протоколам, микросхемы UCH2 обеспечивают прямое мостовое подключение

Поддержка разработчиков

Вышеупомянутый программный инструмент ProTouch Configuration Editor доступен для свободного скачивания на сайте Microchip. Он объединен со средством программирования ProLink. Также была представлена оценочная плата USB2534 Eval Board (EVB-USB2534), доступная по цене \$399 за штуку у торговых представителей Microchip. Она представляет собой основу для разработки схем заряда через USB с использованием трех новых микросхем UCH2 семейства USB253X, предназначенных для реализации протокола USB2 в изделиях широкого применения.

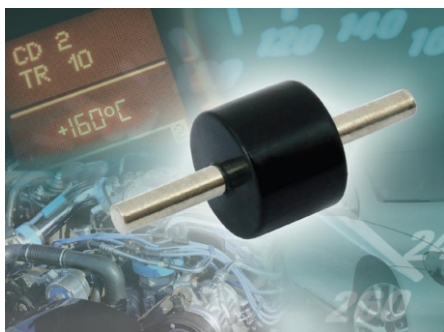


Стоимость и доступность

Микросхемы USB2532-1080AEN, USB2533-1080AEN и USB2534-1080AEN семейства UCH2, сертифицированные организацией USB-IF для основных приложений USB, на данный момент доступны как в единичных экземплярах, так и в промышленных партиях в 36-выводных корпусах QFN при цене от \$1.99 за штуку при заказе от 10,000 приборов. Микросхемы USB4624-1080HN и USB4604-1080HN для HSIC соединений и мостовых подключений портов ввода/вывода выпускаются серийно в 48-выводных корпусах QFN и продаются по цене \$2.89 за штуку при объеме партии 10,000 приборов. Микросхемы USB3813-1080XY и USB3613-1080XY в 30-выводных корпусах WLCSP для мобильных устройств доступны в единичных образцах для апробирования. Начало серийного производства ожидается в июле 2013 г. В партиях из 10,000 приборов микросхемы будут продаваться по цене \$2.73 за штуку.

Vishay Intertechnology представила самые мощные в отрасли термopредохранители для устройств автоэлектроники

Vishay Intertechnology представила первый в отрасли термopредохранитель, способный без непредусмотренного разрыва цепи в течение 1000 часов работать под током 55 А при температуре +160 °С. Квалифицированные по стандарту AEC-Q200 новые приборы серии Beyschlag HCTF предназначены для размыкания силовых цепей в автомобильных приложениях.



В случае, если окружающая температура поднимается выше порога +235 °С (± 15 К),

термopредохранители автоматически размыкаются и отключают электрическую цепь. Типичными сферами применения HCTF будут устройства силовой автоэлектроники, постоянно подключенные к аккумуляторной батарее, такие, как вентиляторы и насосы охлаждающей жидкости, системы управления забором воздуха, ABS, блоки предварительного подогрева дизельных двигателей и многое другое.

Термopредохранители рассчитаны на эксплуатацию при значительно больших уровнях мощности, чем любые другие приборы, присутствующие сегодня на рынке, рабочие токи которых ограничены значением 25 А при 23 °С или 12 А при 100 °С. Прочная твердотельная конструкция устройств серии HCTF в сочетании с низким сопротивлением в холодном состоянии, равным 0.1 мОм, гарантирует высокую надежность работы при больших токах и высоких температурах.

Соответствующие требованиям директивы RoHS устройства серии HCTF рассчитаны

на рабочее напряжение 24 В. Предохранители HCTF 235 могут монтироваться посредством пайки, а конструкция HCTF 235 SP предусматривает использование зажимных контактов. При необходимости в зажимы

могут устанавливаться приборы обоих типов.

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии новых приборов. Для заказов большого объема срок поставки составляет 14 недель.

Dialog Semiconductor выпускает микросхему Bluetooth Smart с рекордно низким энергопотреблением

Малопотребляющая микросхема для беспроводной связи Dialog SmartBond Bluetooth удваивает время автономной работы аксессуаров для смартфонов и планшетов, а также периферийных устройств для компьютеров и телевизоров Smart TV

Компания Dialog Semiconductor выпустила SmartBond (номер DA14580) – компактную систему-на-кристалле Bluetooth Smart с самым низким энергопотреблением, по сравнению с конкурирующими решениями позволяющую продлить срок автономной работы аксессуаров для смартфонов или компьютерной периферии более чем в два раза. Прибор предназначен для беспроводного подключения клавиатур, мышей и пультов ДУ к планшетам, ноутбукам и телевизорам Smart TV и позволяет потребителям использовать инновационные приложения на своих смартфонах и планшетах, соединенных с часами, браслетами и интеллектуальными датчиками, чтобы следить за своим здоровьем и уровнем физической подготовки, находить пропавшие ключи и многое другое.



SmartBond является первым решением Bluetooth Smart, преодолевшим барьер потребления 4 мА при передаче и приеме, что позволяет разработчикам удвоить срок эксплуатации аккумулятора или уменьшить количество и размеры ячеек. Благодаря уникальной архитектуре ток потребления

составляет 3.8 мА при приеме и передаче, что на 50% меньше, чем у других решений Bluetooth Smart, представленных на рынке, а ток в режиме сна не превышает 600 нА. Это значит, что батарейка емкостью 225 мА·ч, питающая устройство, которое отправляет 20 байт данных в секунду, прослужит 4 года и 5 месяцев, а не 2 года, как в микросхемах Bluetooth Smart предыдущего поколения.

В DA14580 имеется блок управления питанием, содержащий DC-DC преобразователь и все необходимые LDO стабилизаторы, что сокращает количество внешних элементов и общие расходы на компоненты. Индивидуальная коммутация питания каждого блока микросхемы позволяет сократить энергопотребление до минимума. Для питания SmartBond требуется намного более низкое напряжение, чем это было возможно ранее – до 0.9 В – то есть, в периферийных устройствах для компьютеров или телевизоров теперь можно использовать одну щелочную или никель-металлогидридную батарейку типа AA вместо двух. Это открывает разработчикам захватывающие возможности в создании сверхкомпактных продуктов в новом форм-факторе при одновременном снижении общей стоимости системы.

DA14580 выпускается в трех разных корпусах, наименьший из которых, WL-CSP, имеет размеры 2.5 2.5 0.5 мм. Это позволяет добавить Bluetooth в аксессуары с очень ограниченным местом для монтажа.

В настоящее время можно приобрести образцы DA14580, серийное производство этих микросхем запланировано на 4 квартал 2013 года.

AMD выпускает первый в истории процессор с тактовой частотой 5 ГГц

С новой серией процессоров FX-9000 от AMD энтузиасты получают невероятную производительность ПК

AMD представила самое мощное устройство из легендарного семейства ЦП AMD FX – первый серийный процессор с тактовой частотой 5 ГГц – AMD FX-9590. Эти 8-ядерные процессоры выводят на новый уровень игровую и мультимедийную производительность для приверженцев настольных компьютеров. Первоначально процессоры серии FX-9000 будут доступны через системных интеграторов в составе ПК.



«В рамках выставки E3 AMD продемонстрировала то, что позволяет ей находиться в эпицентре игровой индустрии», – говорит Бернд Линхард (Bernd Lienhard), вице-президент по корпоративным продажам и генеральный директор департамента клиентских продуктов AMD. – «Новый пятигигагерцовый процессор серии FX – это предло-

жение с исключительными характеристиками, использующее технологию AMD Eyefinity, способное удовлетворить даже самых требовательных геймеров, стремящихся наслаждаться игровыми мирами в сверхвысоком разрешении. Запуск серийного производства процессоров с частотой 5 ГГц – еще одно достижение, которым компания AMD может гордиться».

Новые процессоры FX-9590 и FX-9370 с тактовыми частотами 5 ГГц и 4.7 ГГц, соответственно, построены на базе архитектуры Piledriver и поставляются разблокированными для упрощения разгона, позволяя фанатам насладиться повышенной скоростью ЦП и связанным с этим приростом производительности. Кроме того, эти процессоры поддерживают технологию AMD Turbo Core 3.0, которая динамически оптимизирует производительность ядер процессора, максимально увеличивая вычислительную мощность при наиболее интенсивной загрузке.

Новые процессоры AMD серии FX поступили в продажу по всему миру через системных интеграторов летом 2013 г. Доступны две модели:

- FX-9590: 8 ядер «Piledriver», частота 5 ГГц в режиме Max Turbo
- FX-9370: 8 ядер «Piledriver», частота 4.7 ГГц в режиме Max Turbo.

International Rectifier представила мощный драйвер нижнего плеча в корпусе SOT-23-5L

International Rectifier представила микросхему мощного драйвера нижнего плеча IRS44273L в исключительно компактном корпусе SOT-23-5L.

Удобная в использовании микросхема IRS44273L позволяет создавать простые схемы управления затворами IGBT и MOSFET, обеспечивая типовое значение втекающего и вытекающего тока 1.5 А, хорошие динамические характеристики и блокировку при пониженном напряжении при мини-



мальных требованиях к площади печатной платы. Новый прибор отличается функциональностью, ранее характерной лишь для устройств в более крупных корпусах SO-8, что дает возможность сократить размеры и стоимость разрабатываемых устройств.

Для упрощения топологии печатных плат и удобства конструирования выход IRS44273L продублирован с противоположных сторон корпуса. Устройство имеет неинвертирующие входы, совместимые с любыми КМОП или ТТЛШ контроллерами.

Технические характеристики

Прибор	Корпус	I_{O+} / I_{O-} (тип.)	T_{ON} / T_{OFF} (тип.)	Логика
IRS44273L	SOT23-5L	1.5 A / 1.5 A	50 нс / 50 нс	Неинвертирующая

Доступность и цена

Цены драйверов начинаются от \$0.25 за штуку для партий от 10,000 приборов. Отгру-

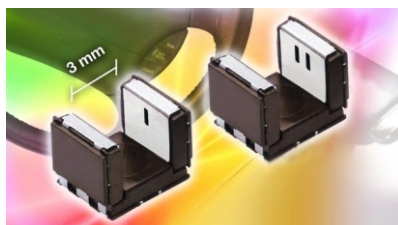
ка производится со склада немедленно по подтверждении запроса.

Устройства отвечают требованиям директивы RoHS.

Vishay выпустила новые SMD щелевые оптроны для автомобильных и промышленных приложений

Разработанные для тяжелых условий эксплуатации и тестируемые в соответствии с требованиями стандарта AEC-Q101, устройства рассчитаны на работу в диапазоне температур от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$

Vishay Intertechnology представила два новых щелевых оптрона для поверхностного монтажа, соответствующих требованиям стандарта AEC-Q101 и ориентированных на сферу автомобильных и промышленных приложений. Разработанные для эксплуатации в тяжелых условиях, одноканальные приборы TCPT1350X01 и двухканальные TCUT1350X01 отличаются расширенным диапазоном рабочих температур от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.



Новые оптроны Vishay имеют компактные размеры 5.5 × 4 × 4 мм и отдают выходной ток с типовым значением 1.6 мА. Большой оптический зазор шириной 3 мм позволяет разнообразить перечень используемых материалов и конструкций и не требует столь жестких

механических допусков, как в датчиках с более узкими зазорами.

В предназначенном для поверхностного монтажа корпусе одноканального оптрона TCPT1350X01 содержится инфракрасный излучатель и расположенный напротив него фототранзистор, в то время как в двухканальном TCUT1350X01 фототранзисторов два. Оба датчика имеют фототранзисторный выход, апертуры 0.3 мм и рабочую длину волны 950 нм.

ТСРТ1350Х01 и ТСУТ1350Х01 могут использоваться в качестве датчиков положения в составе энкодеров, эксплуатируемых при повышенных температурах вблизи автомобильных двигателей, расширяя такие традиционные области применения, как замки зажигания и адаптивные фары. Оба оптрона пригодны как для регистрации движения, так и для определения скорости. Кроме того, двухканальный ТСУТ1350Х01 может использоваться для определения направления, например, в электроусилителях руля.

Соответствующие первому уровню устойчивости к повышенной влажности (MSL1)

оптроны имеют неограниченный срок хранения. Приборы выдерживают пайку оплавлением припоем по стандарту JEDEC-0STD-020D, не содержат галогенов, отвечают требованиям директивы RoHS и соответствуют

внутренним «зеленым» стандартам Vishay.

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии оптронов. При больших объемах заказов срок поставки составляет 10 недель.

К семейству аудио модулей International Rectifier добавились 60-вольтовые приборы IR4321M и IR4322M

International Rectifier сообщила об очередном пополнении семейства микросхем PowIRaudio, к которому теперь добавились мощный одноканальный интегральный модуль IR4321M и двухканальный IR4322M. 60-вольтовые микросхемы IR4321M и IR4322M расширяют возможности существующей линейки приборов, предназначенных для низкоимпедансных аудио систем класса D, применяемых в автомобилях, акустических системах настольных компьютеров, активных колонках и музыкальных инструментах с встроенными усилителями.



Комбинация микросхемы усовершенствованного аудио контроллера с силовыми MOSFET, полностью оптимизированная для аудио приложений, позволила повысить КПД, снизить уровни нелинейных искажений и электромагнитных излучений и обеспечила возможность работы модулей в широком диапазоне напряжений питания без исполь-

зования теплоотвода, как с однополярным, так и с расщепленным питанием. Высокое допустимое напряжение питания и устойчивость к внешним помехам гарантируют надежность работы приборов в различных условиях эксплуатации.

Дополнительные функции новых микросхем типичны для всех приборов семейства PowIRaudio. Это защита от перегрузки по току, отключение при перегреве, внешнее/внутреннее выключение и плавающий дифференциальный вход

Для разработчиков, использующих микросхемы IR4321M и IR4322M, доступны оценочные платформы IRAUDAMP21 и IRAUDAMP22, соответственно.



Технические характеристики

Модуль	Число каналов	Напряжение питания силовой части	Пиковая выходная мощность (с.к.з., на канал)		Корпус
			с теплоотводом	без теплоотвода	
IR4321MPbF	1	60 В или ± 30 В	135 Вт (2 Ом)	90 Вт (2 Ом)	PQFN 5 6 мм
IR4322MPbF	2	60 В или ± 30 В	100 Вт (2 Ом)	50 Вт (2 Ом)	PQFN 7 7 мм

Оценочная платформа

Оценочная платформа	Целевой модуль	Описание	Выходная мощность
IRAUDAMP21	IR4321M	Раздельное питание IR4321	135 1 Вт, нагрузка 2 Ом
IRAUDAMP22	IR4322M	Раздельное питание IR4322	100 2 Вт, нагрузка 2 Ом

Доступность и цена

При покупке партий объемом не менее 10,000 приборов цены за одну микросхему IR4321 начинаются от \$1.71. Поставка осу-

ществляется со склада немедленно по получении заказа.

Новые устройства по степени влагоустойчивости соответствуют уровню MSL2 и удовлетворяют требованиям директивы RoHS.

TI представляет самые миниатюрные в отрасли двухканальные контроллеры сброса для мобильных устройств

Новое семейство таймеров с низким током потребления отличается гибкостью задания времени срабатывания и крошечным корпусом

Texas Instruments (TI) представила два миниатюрных контроллера сброса, предназначенных для устройств с ограниченным пространством и повышенной чувствительности к питанию, таких, как шагомеры, фитнес-инвентарь, мобильные телефоны и планшеты. Двухканальные приборы TPS3420 и TPS3421 отличаются малым потреблением мощности и возможностью выбора времени задержки сброса для повышения стабильности системы.



Контроллеры сброса необходимы в портативных электронных устройствах со встроенной батареей. На практике пользователь нажимает и удерживает определенное время одну или две внешние кнопки, которые выключают устройство или генерируют сигнал сброса. Микросхемы TPS3420 и TPS3421

используют длительную входную задержку для обеспечения целевого сброса и предотвращения сброса от кратковременного нажатия кнопок или клавиш. Такая конфигурация позволяет различать программные прерывания и аппаратные сбросы системы. Эти таймеры стали первыми в семействе предназначенных для обслуживания кнопок новых контроллеров TI, способных обеспечить аппаратный и полный системный сброс в устройствах с повышенными требованиями к надежности.

Ключевые особенности и преимущества микросхемы TPS3420/1

- Программируемая входная задержка от 7.5 до 12.5 с исключает непредусмотренные сбросы.
- Малый потребляемый ток 250 нА экономит заряд аккумулятора в портативных электронных устройствах.
- Выбираемая в диапазоне 400 ... 800 мс длительность импульса сброса повышает гибкость настройки.
- Компактный корпус SON размером 1.45 1.0 0.55 мм занимает на печатной плате на 70% меньше места, чем конкурирующие устройства.

Хотя микроконтроллеры MSP430 уже изначально имеют вход прерывания от кнопки,

применение внешнего контроллера сброса, такого, как TPS3420 или TPS3421, вместе с супервизором питания, например, TPS3839, может послужить дополнительным средством защиты. Контроллер и супервизор остаются независимыми от MSP430, обеспечивая генерацию сигнала сброса все время, пока они подключены к питанию. Микросхемы TPS3420 и TPS3421 также избавляют MSP430 от расходования вычислительной мощности на отслеживание прерываний от нажатия кнопок.

Доступность, конструктивное исполнение и стоимость

Контроллеры сброса TPS3420 и TPS3421 выпускаются в промышленных объемах и могут быть приобретены как непосредственно у TI, так и у официальных дистрибьюторов компании. Контроллеры поставляются в 6-выводных корпусах SON и в партиях из 1000 приборов продаются по цене \$0.4 за штуку. Для приложений, которым требуется только один вход кнопки, TI предлагает TPS3422 по цене \$0.34

Melexis представила LIN-трансиверы со встроенным регулятором напряжения и сторожевым таймером

Интерфейс LIN продолжает широко распространяться в мире автомобилестроения. Этот надежный и экономически эффективный протокол связи позволяет реализовать множество базовых сетевых функций в подсистемах, наделение которых интеллектуальными функциями ранее считалось коммерчески невыгодным.

Компания Melexis выпустила в компактных корпусах QFN (5 × 5 мм) микросхемы MLX80031 и MLX80051, которые позволят сделать разработку ведомых LIN-устройств простой и очень эффективной. В микросхемах объединены физический уровень интерфейса LIN (соответствует LIN 2.x и SAEJ2602) и стабилизатор напряжения (3.3 В/70 мА для MLX80031 и 5 В/70 мА для MLX80051). Оба устройства имеют независимый оконный сторожевой таймер. Кроме того, приборы совместимы по выводам со стандартными LIN-устройствами, такими как ATA6622/28.



Изготовленные по технологии HV-CMOS с технологическими нормами 0.35 мкм, эти

трансиверы отличаются очень малым потреблением тока (15 мкА в режиме ожидания). Встроенная система управления режимом ожидания обеспечивает «пробуждение» по сигналу самой шины LIN, микроконтроллера или другого внешнего источника. Формирователь выходного сигнала сброса позволяет упростить подключение к управляющему микроконтроллеру и сократить количество необходимых компонентов. В случае, если встроенный регулятор не сможет обеспечить уровень тока, необходимый для работы конкретного приложения, выходной ток можно увеличить с помощью одного биполярного транзистора.

В микросхемы MLX80031 и MLX80051 встроена емкость порядка 25 пФ, позволяющая им соответствовать требованиям электромагнитной совместимости в системах с однопроводными шинами, а также требованиям, содержащимся в документе «Hardware Requirements for LIN, CAN and Flexray Interfaces in Automotive Applications», составленным немецкими автопроизводителями. В микросхемах имеется встроенный ограничитель тока нагрузки и узел отключения при перегреве, а также рассчитанная на 40 В от защиты выбросов при сбросе нагрузки. Кроме того, MLX80031 и MLX80051 обладают рекордной устойчивостью к воздействию электростатического разряда: более 20 кВ при пря-

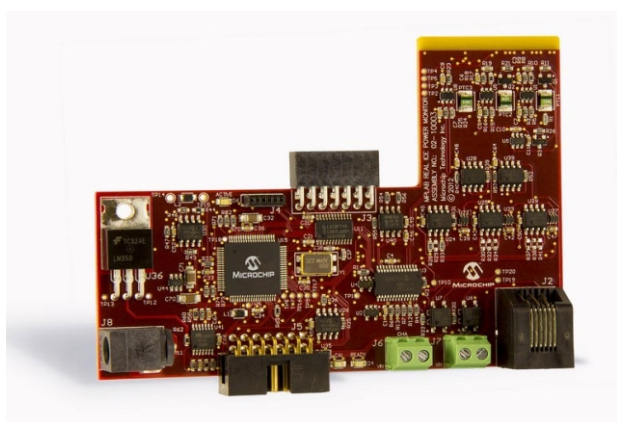
мом (контактном) разряде и более 15 кВ при непрямом (бесконтактном) разряде (в соответствии со стандартом IEC61000-4-2). Оба

устройства удовлетворяют требованиям директив AECQ100 и RoHS. Образцы доступны по запросу.

Microchip создала инструмент мониторинга потребляемой мощности для оптимизации программного кода

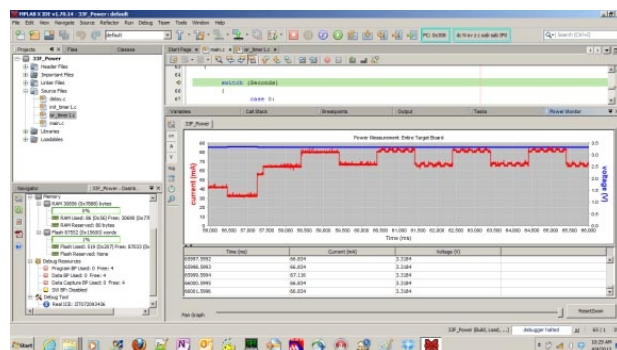
MPLAB REAL ICE Power Monitor Module предоставляет непревзойденные возможности измерения тока и оптимизации программ для минимального потребления энергии

Компания Microchip Technology представила модуль мониторинга потребляемой мощности MPLAB REAL ICE Power Monitor Module, который позволяет разработчикам в реальном времени выявлять и удалять программный код, приводящий к повышенному энергопотреблению. В сочетании с внутрисхемным эмулятором MPLAB REAL ICE и средой разработки MPLAB X IDE эта платформа дает пользователям возможность измерять, отображать графически и оптимизировать путем изменения кода энергопотребление для всех 8-, 16- и 32-битных микроконтроллеров Microchip, количество моделей которых в настоящее время превышает 1000. Кроме того, модуль может с точностью до микроампер измерять токи до 1 А в диапазоне напряжений от 1.25 до 5.5 В. Power Monitor Module стоимостью \$379.99 значительно выгодней других подобных инструментов, что делает его идеальным инструментом разработки для различных приложений с батарейным питанием, цифровых источников питания, систем управления двигателями и измерительных устройств.



Разработчики встраиваемых систем продолжают искать новые способы оптимизации энергопотребления, как для увеличения времени работы аккумулятора, так и для более

эффективного использования энергии сети. Поскольку производителям и потребителям микроконтроллеров удалось значительно снизить мощность, потребляемую аппаратурой, (так, благодаря технологии eXtreme Low Power, потребление тока в микроконтроллерах PIC в режиме сна составляет 9 нА, а в активном режиме 30 мкА/МГц), настала очередь программной части. Power Monitor Module позволяет программно задавать подключенному устройству напряжение питания, а также частоту выборки, что дает пользователям возможность устанавливать необходимые режимы измерений. Разработчики также могут программировать пороговое значение «current break» (останов по току), при превышении которого программа приостанавливает свое выполнение, давая им возможность определить и отладить участок кода, вызывающий всплеск энергопотребления. Благодаря функции «Current Profile Graphing» все результаты измерений можно отображать графически, что помогает инженерам лучше понять, какие секции программы требуют исправления.



Цена и доступность

Модуль MPLAB REAL ICE Power Monitor Module (AC244008) находится в продаже, его стоимость составляет \$379.99.

Linear Technology выпустила высоконадежный мощный линейный регулятор напряжения с выходами контроля тока и температуры

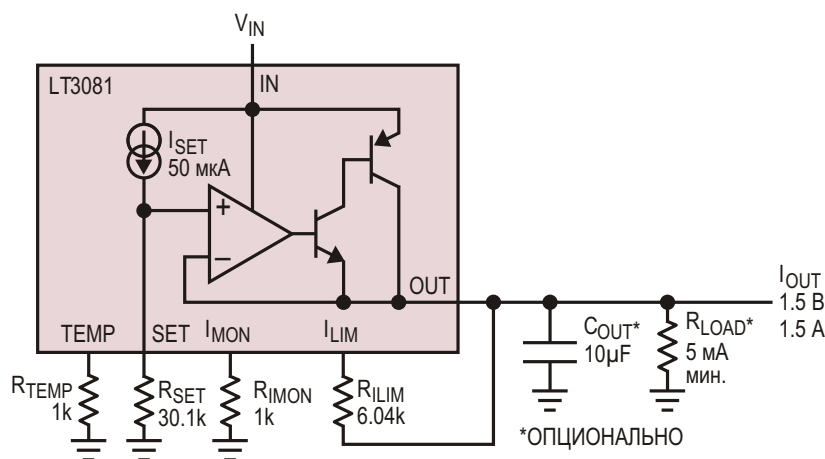
Linear Technology сообщила о выпуске нового линейного стабилизатора повышенной надежности. Удобные в использовании приборы LT3081 с выходным током до 1.5 А поддерживают все основные функции контроля и защиты. Устройство отличается расширенной по сравнению с существующими регуляторами областью безопасной работы. LT3081 содержит источник опорного тока, позволяющий с помощью единственного резистора устанавливать выходное напряжение, начиная от нуля. Уровень ограничения выходного тока также задается одним внешним резистором. Архитектура регулятора предусматривает возможность простого объединения нескольких микросхем в параллельную группу для увеличения выходного тока и облегчения теплового режима. Суммированием тока опорного источника с током контроля нагрузки можно выполнять компенсацию падения напряжения в линии.

Разработчикам микросхемы LT3081 удалось достигнуть беспрецедентных значений нестабильности по входному напряжению и нагрузке, которые в диапазоне входных напряжений от 1.2 до 40 В и независимо от выходного напряжения остаются на уровнях ниже 2 мВ. Выходное напряжение в диапазоне от 0 до 38.5 В при постоянном падении на регуляторе 1.2 В программируется единственным резистором. Внутренний подстраиваемый источник опорного тока 50 мкА



имеет точность $\pm 1\%$. Благодаря архитектурным особенностям устройства, выход которого является повторителем напряжения, нестабильность, переходная характеристика и выходной шум (30 мкВ с.к.з.) не зависят от входного напряжения. С помощью всего лишь двух внешних резисторов LT3081 можно включить в конфигурации двухвыводного источника тока. В любом режиме – стабилизатора напряжения или источника тока, – микросхема может устойчиво работать без входных и выходных конденсаторов.

В микросхему заложено несколько контрольных и защитных функций. Уровень ограничения тока устанавливается внешним резистором с точностью $\pm 10\%$. На измерительных выходах формируются токи, пропорциональные температуре (1 мкА/°C) и выходному току (200 мкА/А), позволяющие легко считывать показания относительно «земли». Монитор тока может использоваться для компенсации падения напряжения на внешних проводах. Перечень внутренних функций безопасности LT3081 включает защиту от



Типовая схема включения LT3081

неправильной полярности входного напряжения, защиту от обратных токов, внутреннее ограничение тока и отключение при перегреве.

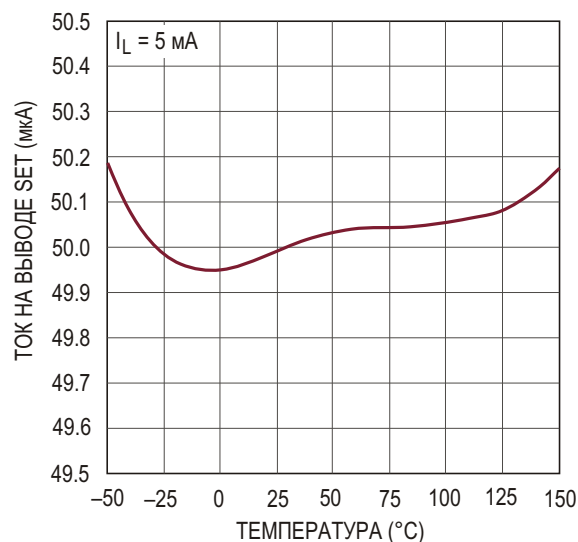
LT3081 предлагается в разнообразных корпусах с улучшенными тепловыми характеристиками, включая низкопрофильный (0.75 мм) 12-выводной корпус DFN размером 4 × 4 мм, 16-выводной TSSOP и 7-выводной DD-Pak. Все корпуса в конструкциях с поверхностным монтажом без теплоотвода рассеивают мощность 2 Вт. Кроме того, выпускается вариант микросхемы в 7-выводном корпусе TO-220, рассчитанном на вертикальную установку с теплоотводом. По диапазону рабочих температур приборы делятся на несколько групп:

- Е и I: -40 ... +125 °C,
- Н: -40 ... +150 °C,
- высоконадежная группа МР: -55 ... +150 °C.

Для партий объемом 1000 микросхем цены на приборы группы Е начинаются от \$2.60 за штуку.

Сводка основных особенностей LT3081

- Промышленный линейный стабилизатор повышенной надежности
- Широкая область безопасной работы при токе нагрузки 1.5 А
- Выход контроля тока нагрузки: 200 мкА/А
- Выход контроля температуры перехода: 1 мкА/°C
- Широкий диапазон входных напряжений: 1.2 ... 40 В
- Установка выходного напряжения в диапазоне 0 ... 38 В с помощью одного резистора
- Источник опорного тока (вывод SET) с начальной точностью 1%



Температурная зависимость опорного тока

- Простота параллельного включения нескольких микросхем для увеличения выходного тока или облегчения теплового режима
- Внешняя установка порога ограничения тока
- Устойчивость при отсутствии входных и выходных конденсаторов
- Типовое значение нестабильности выходного напряжения по нагрузке менее 1 мВ
- Типовое значение нестабильности выходного напряжения по входу менее 0.001%/В
- Ограничение тока, отключение при перегреве и защита от неправильной полярности подключения входного напряжения
- Выпускаются в 12-выводном корпусе DFN 4 × 4 мм, 16-выводном TSSOP, 7-выводном DD-Pak и 7-выводном TO-220 со сниженным тепловым сопротивлением

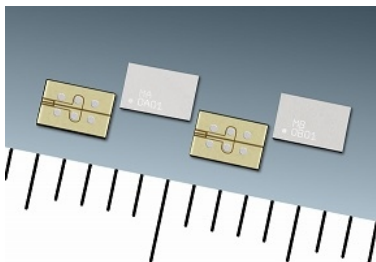
Новые сверхминиатюрные MOSFET позволят увеличить КПД смартфонов и планшетных компьютеров

Использование высококачественных FlipChip MOSFET улучшает характеристики схем защиты одиночных или сдвоенных литий-ионных аккумуляторов от перенапряжения и глубокого разряда

ON Semiconductor представила два новых MOSFET прибора, предназначенных для использования в смартфонах и планшетных компьютерах, где они играют основную роль

в цепях коммутации схем защиты литий-ионных (Li-ion) аккумуляторов от перенапряжения и глубокого разряда. Мощные MOSFET EFC6601R и EFC6602R позволяют

разработчикам уменьшить габариты решений, увеличить КПД и продлить время работы от батарей.



Созданные для устройств с питанием от одно- или двухэлементных литий-ионных батарей, новые транзисторы отвечают требованиям директивы RoHS, имеют сопротивление открытого канала на уровне лидеров отрасли и реализованы в виде структуры с матрицей контактных площадок (LGA), позволившей привести их габариты в идеальное соответствие с требованиями, диктуемыми ограниченным внутренним пространством смартфонов и планшетных ПК. Максимальное напряжение исток-исток для EFC6601R составляет 24 В, а для EFC6602R – 12 В. Оба прибора работают при напряжении питания 2.5 В, имеют объединенные стоки и содержат встроенные защитные диоды.

В течение 2013 года ON Semiconductor планирует расширить семейство MOSFET EFC еще пятью приборами, которые помогут разработчикам широкого спектра мобильных устройств уменьшить размеры своих конструкций и продлить время работы батарей.

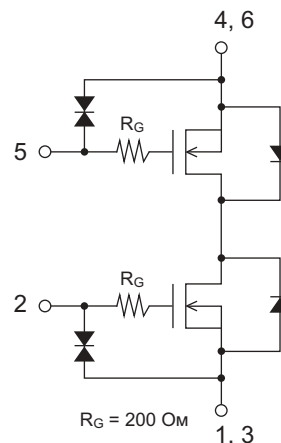


Схема внутренних соединений

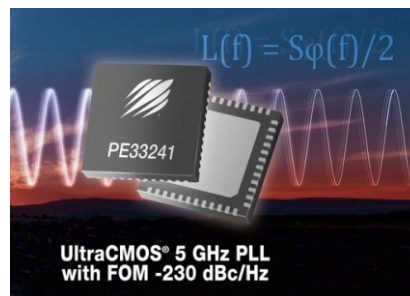
Конструктивное исполнение и цены

EFC6601R и EFC6602R предлагаются в не содержащих галогенов корпусах EFCP по цене \$0.80 и \$1.00 за штуку, соответственно, при покупке от 5000 приборов.

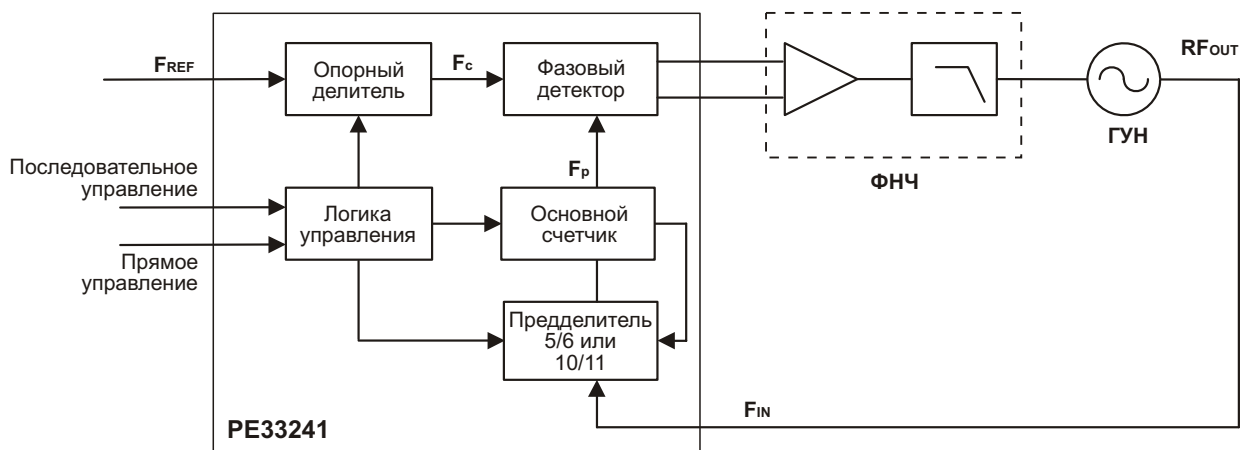
Peregrine расширяет линейку высокочастотных продуктов микросхемой ФАПЧ следующего поколения

Устройство отличается низким уровнем фазовых шумов и способно работать на частотах до 54 ГГц

Peregrine Semiconductor добавила в свой портфель высокочастотных продуктов микросхему ФАПЧ с целочисленным коэффициентом деления PE33241. С модулем предварительного делителя 10/11 устройство работает на частотах до 5 ГГц. Прибор ориентирован на применение в составе промышленных и специализированных приемопередатчиков и синхрогенераторов с повышенными требованиями к уровню фазовых шумов. Микросхема PE33241 может использоваться в качестве высокочастотного генератора, синтезатора L, S и C диапазонов, а также для восстановления синхронизации в коммуникационных системах, мобильных терминалах, телеметрическом оборудовании, радарх и портативном радио.



Низкая спектральная плотность фазовых шумов (–230 дБ/Гц) микросхемы PE33241 позволяет уменьшить уровень помех и повысить качество связи в коммуникационных системах. Микросхема содержит выбираемые программно модули предделителей 5/6



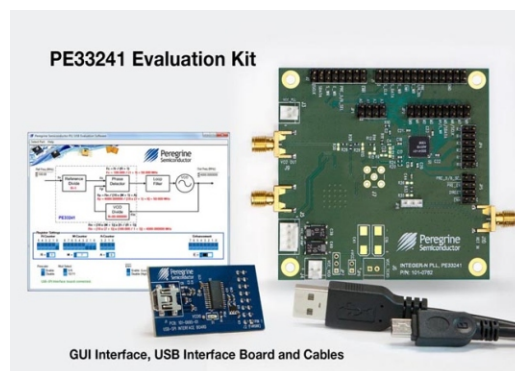
Функциональная схема ФАПЧ PE33241 с целочисленным коэффициентом деления.

или 10/11, дающие разработчикам свободу выбора конструктивных решений и снижающие уровни паразитных пиков в спектре выходного сигнала. При использовании предделителя 10/11 устройство работает на частотах вплоть до 5 ГГц, а с модулем 5/6 – до 4 ГГц. Дополнительная гибкость обеспечивается интегрированным фазовым детектором и наличием двух интерфейсов управления – последовательного и прямого аппаратного. Микросхема ФАПЧ отличается исключительно низким потреблением энергии, составляющим всего 80 мА при напряжении питания 2.8 В.

Средства поддержки разработки

Вместе с микросхемой Peregrine выпустила отладочный набор, который позволит разработчикам оценить пригодность новой схемы ФАПЧ для своих приложений. Возможность непосредственного программирования микросхемы по интерфейсу USB максимально упрощает пользователям управление ФАПЧ. Заказать набор можно напрямую у

торговых представителей Peregrine или через всемирную дистрибьюторскую сеть.



Корпус, цена, доступность

Микросхема ФАПЧ PE33241 с целочисленным коэффициентом деления поставляется в 48-выводном корпусе QFN размером 7 мм или в виде разделенных кристаллов. В настоящее время предлагаются единичные образцы прибора, серийное производство начнется в ближайшее время.

Преобразователи постоянного тока от Diodes экономят место в светодиодных осветительных приборах

Diodes Incorporated анонсировала миниатюрный преобразователь постоянного тока, поддерживающий повышающую, понижающую и инвертирующую конфигурации включения для систем светодиодного освещения и управления питанием общего применения. Микросхема AL8811 доступна в корпусе

MSOP-8L размером 3.0 4.9 1.1 мм и требует минимального количества внешних компонентов, тем самым, позволяя значительно уменьшить и размер печатной платы, и стоимость необходимых комплектующих.

Хотя AL8811 является выигрышным решением для многих светодиодных осветитель-



ных приложений, особые преимущества от нового устройства получают диммируемые лампы MR16. Например, совместное использование AL8811 в режиме повышающего преобразователя с понижающим светодиодным драйвером AL8807A образует для диммируемых ламп MR16 решение с высоким коэффициентом мощности, малыми размерами и низкой стоимостью компонентов. Кроме того, эта двухступенчатая схема гарантирует высокую совместимость с различными электро-

нными трансформаторами и низкий уровень пульсаций тока светодиода.

При широком диапазоне входных напряжений от 3 до 20 В и выходном напряжении до 36 В, микросхема AL8811 совместима с рядом различных 12-вольтовых осветительных устройств переменного тока. Ток устройства в выключенном состоянии очень мал – всего 0.01 мкА (типовой), в то время как максимальный выходной коммутируемый ток составляет 1.6 А.

Микросхема AL8811 содержит внешний источник опорного напряжения с температурной компенсацией, тактовый генератор с настраиваемой скважностью и активной схемой ограничения тока, драйвер и сильноточный выходной ключ. Таким образом, Diodes Incorporated предоставляет разработчикам чрезвычайно гибкое средство для создания схем преобразователей напряжения постоянного тока.

Что искажает показания промышленных датчиков?

Jason Seitz, Texas Instruments

EDN

В современных системах промышленной автоматизации и управления процессами присутствует огромное количество датчиков, измеряющих такие параметры, как давление, температура, уровень токсичного газа, водородный показатель (pH). Датчики делают промышленные процессы более безопасными, эффективными и менее затратными. Однако каждый тип датчиков имеет свой набор уникальных характеристик, что приводит к усложнению задачи проектирования. Подключение к таким сенсoram для получения точных показаний имеет первостепенное значение. В этой статье мы рассмотрим типы датчиков, проанализируем связанные с ними проблемы и приведем решения, необходимые для разработки точных систем измерения.

Одна из наиболее популярных величин, измеряемых в промышленных процессах — температура. Температура может быть измерена различными датчиками, включая термопары, резистивные детекторы температуры (RTD) и термисторы. Для измерений в широких температурных диапазонах разработчики систем часто используют термопары.

Например, термопара типа С имеет диапазон от 0 до 2320 °С. Принцип работы термопар основан на эффекте Зеебека, заключающемся в том, что при соединении двух разнородных металлов напряжение, возникающее в зоне контакта, пропорционально его температуре. Термопары являются биполярными устройствами, вырабатывающими положительное или отрицательное напряжение, в зависимости от разности температур между горячим и опорным холодным спаем. В связи с этим, во-первых, для термопары требуется смещение, так как при однополярном питании она не будет выдавать напряжение ниже земли. Во-вторых, для получения правильных результатов необходимо знать температуру холодного спаеа. Эта температу-

ра может быть измерена с помощью специальных микросхем, например, LM94022. Одним из недостатков термопар по сравнению с другими датчиками температуры является невысокая точность, которая обычно бывает хуже ± 1 °С.

Если для системы требуется большая точность в меньшем диапазоне температур, скажем, менее 660 °С, разработчик может выполнять измерения с помощью RTD, точность которого может быть лучше ± 1 °С. RTD представляют собой резистивные элементы, сопротивление которых зависит от температуры среды, в которую они помещены. Такие датчики выпускаются в конфигурациях с двумя, тремя или четырьмя выводами. С увеличением числа выводов увеличивается и точность. Для RTD необходимо внешнее возбуждение в виде источника тока. Обычно для таких RTD, как PT100 (100 Ом при 0 °С) и PT1000 (1000 Ом при 0 °С), используются источники тока от 100 мкА до 1 мА.

Точность до ± 0.1 °С, но в еще меньшем диапазоне температур (менее 100 °С), может быть получена с помощью термисторов. Как и у RTD, их сопротивление меняется при изменении температуры. Обычно термисторы включаются в делитель напряжения, где

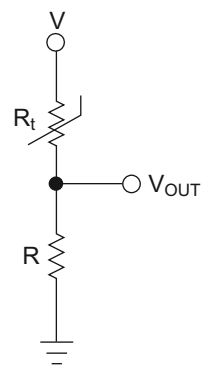


Рисунок 1. Схема подключения термистора.

второй резистор имеет сопротивление, равное номинальному (при 25 °С) сопротивлению термистора. Один контакт термистора соединен с питанием, а другой с резистором, второй конец которого идет на землю (Рисунок 1). Для определения температуры измеряют напряжение в средней точке делителя. При 25 °С должно быть $+V/2$. При любом отклонении от этого значения можно рассчитать сопротивление термистора и по справочной таблице узнать измеряемую температуру окружающей среды.

Таким образом, датчикам температуры необходимо смещение (напряжения или тока). Если применяется термопара, то необходима компенсация холодного спая. Компания TI предлагает законченное решение, удовлетворяющее всем этим требованиям. LMP90100 представляет собой 24-разрядную схему сопряжения аналоговых сигналов с четырьмя дифференциальными или семью несимметричными входами, двумя согласованными программируемыми источниками тока и непрерывной фоновой калибровкой (Рисунок 2). LMP90100 является конфигурируемой микросхемой, идеально подходящей для различных приложений, в которых используются датчики температуры.

Использующие мост Уитстона датчики деформации (тензодатчики) и датчики нагрузки повсеместно применяются для измерения давления, силы и веса. Любая нагрузка, приложенная к датчику, вызывает изменение сопротивления и соответствующее изменение дифференциального напряжения на выходе датчика (Рисунок 3). Это напряжение невелико, и обычно составляет милливольты, поэтому его усиливают до полного динамического диапазона преобразователя данных. Чтобы сделать схему сопряжения уни-

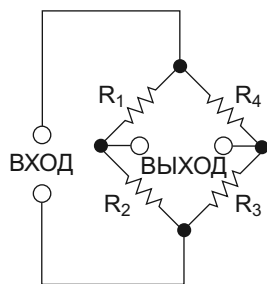


Рисунок 3. Схема моста Уитстона. Любое увеличение или уменьшение сопротивления датчика приводит к изменению выходного напряжения.

версальной, гибкой и способной работать с разнотипными датчиками, усилитель обязательно должен содержать каскад с программируемым коэффициентом усиления. Кроме того, усилитель должен иметь низкий уровень шума, малое смещение и малый дрейф.

Для датчиков этих типов также требуется возбуждение в виде напряжения смещения. Наиболее распространенным видом отказов датчиков давления, искажающих результаты измерений, являются обрывы или короткие замыкания в мосте. Еще сложнее обнаружить причину выхода сигнала из допустимого диапазона, обусловленную повреждением или деградацией чувствительного элемента датчика. Решением всех этих проблем будет использование диагностической схемы, которая инжектирует небольшой ток в резистивную цепочку моста Уитстона и затем измеряет полученное напряжение. Например, если выходы моста имеют одинаковый потенциал ($V+/2$), означает ли это то, что к датчику не приложено давление? Или это происходит потому, что в системе имеется неполадка, закорачивающая выходы? Ответить на вопрос можно будет после подачи тока в один из дифференциальных выходов и измерения дифференциального напряжения между выходами. При отсутствии неисправностей дифференциальное напряжение будет равно падению напряжения на резисторах моста. Однако если в схеме есть короткое замыкание, то либо падения напряжения не будет совсем, либо оно будет очень незначительным.

Короче говоря, датчикам на основе моста Уитстона необходимо напряжение возбуждения, усилительный каскад с программируемым усилением, низким уровнем шумов и малым смещением, а также цепь диагностики. Для работы с такими датчиками, опять же, хорошо подойдет микросхема LMP90100. Выполняемая ею непрерывная фоновая диагностика датчика позволяет обнаруживать обрывы и короткие замыкания, а также сигналы, выходящие за допустимый диапазон. По завершению каждого цикла преобразования микросхема инжектирует в канал не искажающую результатов измерения порцию тока, характер отклика на который указывает на состояние датчика. Диагностика обеспечивает непрерывное неинвазивное обнаружение неисправностей, помогает в анализе их причин и сводит к минимуму время простоев системы.

Электрохимические элементы обычно используются для измерения концентрации различных токсичных и нетоксичных газов, таких как окись углерода, кислород и водород. Они основаны на принципах химического окисления и восстановления и вырабатывают ток, пропорциональный процентному содержанию измеряемого газа. Большинство таких элементов состоит из трех электродов: рабочего, интегрирующего, или противоэлектрода, и опорного. Рабочий электрод окисляет или восстанавливает газ и вырабатывает ток, пропорциональный концентрации этого газа. Противоэлектрод уравнивает генерируемый ток, а опорный электрод поддерживает потенциал рабочего электрода в пределах установленной рабочей области. Электрохимические элементы предназначены для подключения к потенциостатическим цепям, которые подводят ток (и при необходимости смещение) к противоэлектроду, поддерживая на рабочем электроде тот же потенциал, что и на опорном, и преобразовывают выходной ток рабочего электрода в напряжение с помощью трансимпедансного усилителя.

Характеристики электрохимических датчиков, как и многих других, зависят от температуры. Для получения достоверных результатов необходимо измерять температуру элемента и на основании приводимых в технической документации температурных зависимостей параметров выполнять соответствующую коррекцию.

Величина тока рабочего электрода датчика определяется самим датчиком, видом газа и уровнем его концентрации. Для компенсации разброса используют трансимпедансные усилители с регулируемым коэффициентом усиления. Обычно токи датчиков лежат в диапазоне от единиц до сотен микроампер, поэтому коэффициент усиления должен находиться в пределах от единиц до сотен килоом.

Различные датчики требуют различного смещения, а некоторые в смещении вообще не нуждаются. Нужно знать и помнить об этих требованиях, чтобы ток, вырабатываемый датчиком, соответствовал техническим спецификациям. От характера реакции, происходящей в элементе, будет зависеть направление тока рабочего электрода: при окислении (CO) ток будет втекать, при восстановлении (NO₂) – вытекать. В системах с однопо-

лярным питанием для обеспечения максимального усиления без насыщения усилителя уровень напряжения на его неинвертирующем входе должен быть смещен. Например, выходное напряжение трансимпедансного усилителя определяется выражением

$$U_{\text{вых}} = -I_{\text{вх}} R_{\text{ос}},$$

где $I_{\text{вх}}$ – ток, проходящий через резистор обратной связи в усилитель. Если этот ток положителен (восстановительная реакция), то $U_{\text{вых}}$ будет отрицательным по отношению к напряжению неинвертирующего входа. Чтобы предотвратить выход за границы отрицательной шины питания, это напряжение должно быть сдвинуто вверх.

Таким образом, прежде всего, важно, чтобы электрохимические элементы имели температурную коррекцию и потенциостатическую цепь, обеспечивающую протекание как втекающего, так и вытекающего тока, напряжение смещения, преобразование тока в напряжение и сдвиг уровня. Все эти задачи могут быть успешно решены с помощью конфигурируемого потенциостата LMP91000, входящего в семейство микросхем сопряжения аналоговых сигналов. Прибор содержит законченную потенциостатическую цепь, поддерживающую как втекающие, так и вытекающие токи, трансимпедансный усилитель с программируемым коэффициентом, блок смещения электрохимических источников и внутренний источник нулевого напряжения. Более того, в составе микросхемы, выпускаемой в 14-выводном корпусе площадью всего 4 мм², имеется встроенный температурный датчик, что позволяет устанавливать устройство непосредственно под электрохимическим элементом для точной температурной компенсации и лучшей помехоустойчивости.

Не все газы точно измеряются с помощью электрохимических элементов. Альтернативой может быть недиспергирующая инфракрасная технология (NDIR), являющаяся видом ИК-спектроскопии. ИК-спектроскопия основывается на способности большинства молекул газа поглощать ИК-свет с определенной длиной волны. Количество поглощенного света пропорционально концентрации газа. При NDIR измерениях свет всего ИК-диапазона пропускают через пробу газа, а для выделения волны необходимой длины используют оптические фильтры. Как прави-

ло, фильтры для конкретных газов снабжены термоэлектрическими охладителями. Например, углекислый газ имеет пик поглощения на волне 4.26 мкм, поэтому полосовой фильтр должен обрезать все составляющие спектра за пределами этой длины волны. Помимо определения концентрации CO₂ и алкоголя NDIR-датчики применяются для обнаружения парниковых газов и хладагентов, таких как фреон.

Самое сложное при разработке NDIR-систем – как с течением времени ответить на вопрос: связано ли изменение света, падающего на детектор, только с поглощением в газе, или же с деградацией источника света и загрязнением камеры. Настройка возможна только в начале работы NDIR-системы, однако, для борьбы с искажениями, вызванными долговременным уменьшением светотдачи источника и загрязнением, требуется текущая калибровка. Эта процедура может быть дорогой и трудоемкой, и не подходит для продолжительной работы в полевых условиях. Одним из способов решения проблемы является использование в системе опорного канала. Опорный канал содержит детектор, измеряющий источник света в диапазоне, в котором не происходит поглощения. В таком случае концентрация газа определяется отношением двух чисел, выражающих количество переданного света. Любые ошибки, возникающие из-за изменений параметров источника света, устраняются. Эти изменения происходят в течение длительного времени, поэтому одновременная выборка по опорному и активному каналам не требуется. Можно использовать входной мультиплексор для переключения между двумя каналами, что без ущерба для точности снизит стоимость и сложность системы.

Термоэлементы, применяемые в качестве ИК датчиков в NDIR-системах, вырабатывают напряжение, зависящее от мощности падающего на них светового потока. Тип исследуемого газа, его коэффициент поглощения и диапазон концентрации влияют на количество света, достигающего термоэлектрического датчика. Величина напряжения на выходе датчика обычно имеет порядок десятков микровольт. Таким образом, выходной сигнал датчика необходимо усиливать, причем с различными коэффициентами передачи. Для этой цели используются специализированные микросхемы сопряжения анало-

говых сигналов, содержащие блоки с программируемым коэффициентом усиления. Для усиления слабого выходного сигнала термоэлемента до полного входного диапазона АЦП системы, что необходимо для достижения максимальной точности, требуется настройка коэффициента передачи в пределах от сотен до тысяч единиц.

При разработке NDIR-систем также приходится решать задачу компенсации значительного напряжения смещения термодатчиков. Ожидаемая составляющая смещения на выходе термоэлемента (до 1 мВ) превышает уровень полезного сигнала, ограничивая динамический диапазон системы. Для решения этой проблемы используются схемы компенсации смещения, например, на основе ЦАП. Системный микроконтроллер может определять уровень смещения и, программируя ЦАП, сдвигать выходной сигнал в направлении отрицательной шины. Такое решение позволяет использовать полный динамический диапазон АЦП и снижает требования к его разрядности.

Помимо этого, из-за наличия напряжения смещения термоэлемента необходимо поднимать сигнал выше уровня земли. Это можно сделать с помощью генератора синфазного сигнала, подводящего к датчику синфазное напряжение. Такой сдвиг уводит сигнал термодатчика от шины с отрицательным потенциалом, обеспечивая точность измерений в присутствии напряжений смещения датчика.

Таким образом, NDIR-системам требуется опорный канал, регулируемое усиление, компенсация смещения и сдвиг сигнала. Все это можно реализовать с помощью конфигурируемой микросхемы сопряжения аналоговых сигналов LMP91051, предназначенной для NDIR-систем (Рисунок 4). Она содержит двухканальный вход для поддержки активного и опорного канала, усилитель с программируемым коэффициентом передачи, настраиваемый ЦАП для компенсации смещения и генератор синфазных сигналов.

pH-электрод измеряет активность ионов водорода (H⁺) и вырабатывает электрический потенциал или напряжение. Принцип работы pH-электрода основан на возникновении разности потенциалов в электродной системе, образованной двумя жидкостями с различными водородными показателями, вступающими в контакт с противоположных

сторон тонкой стеклянной мембраны. Этот принцип одинаков, независимо от областей применения pH-электродов, включающих системы очистки воды, химическую обработку, медицинские приборы и системы контроля окружающей среды.

pH-электрод относится к пассивным датчикам, и никакого источника возбуждающего

сигнала (напряжения или тока) для него не требуется. Однако выходной сигнал датчика является биполярным и может изменяться вверх или вниз относительно некоторой опорной точки. Поэтому в системе с однополярным питанием во избежание выхода сигнала за пределы земли потребуется подключение датчика к синфазному напряжению, в качес-

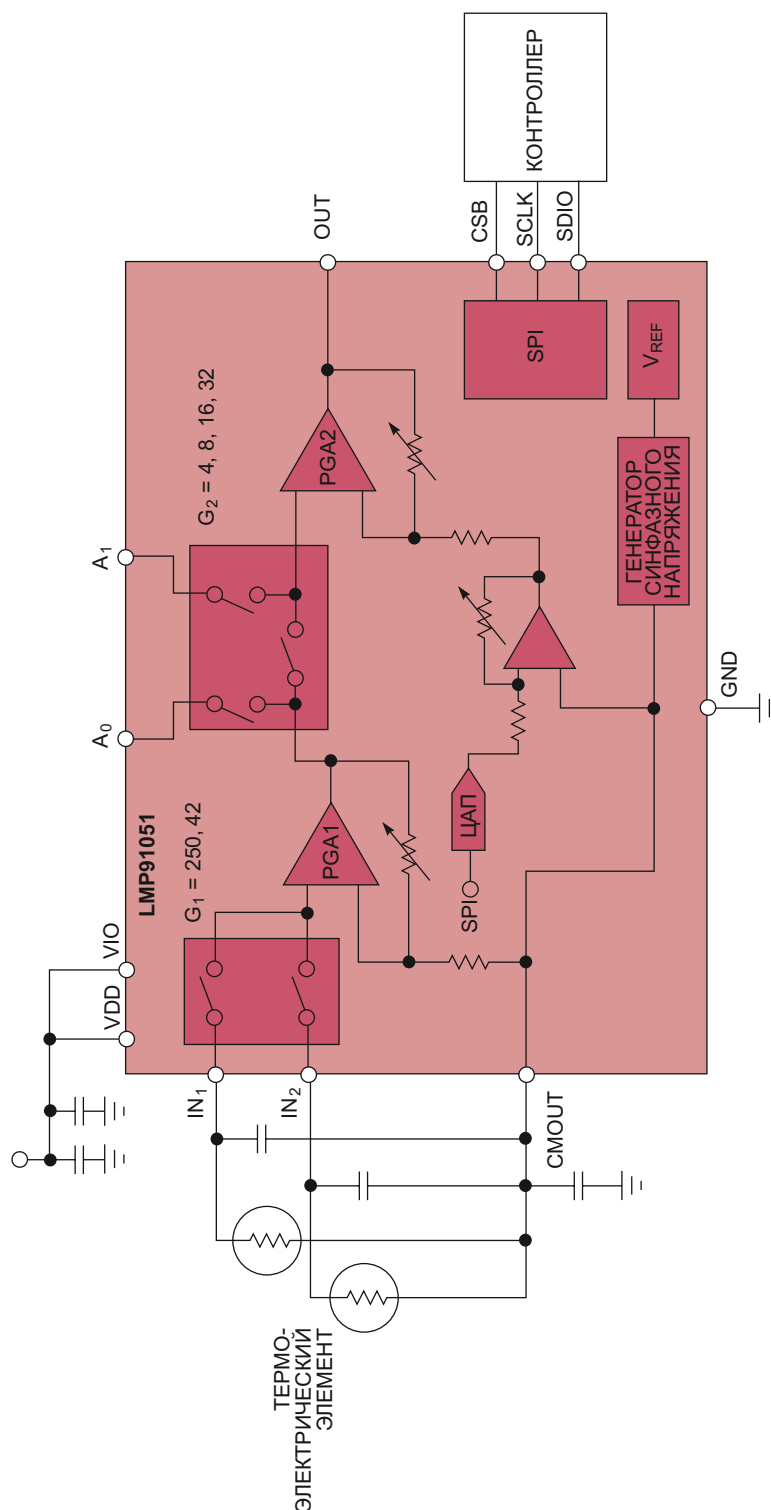


Рисунок 4. LMP91051 – конфигурируемая микросхема сопряжения для NDIR систем.

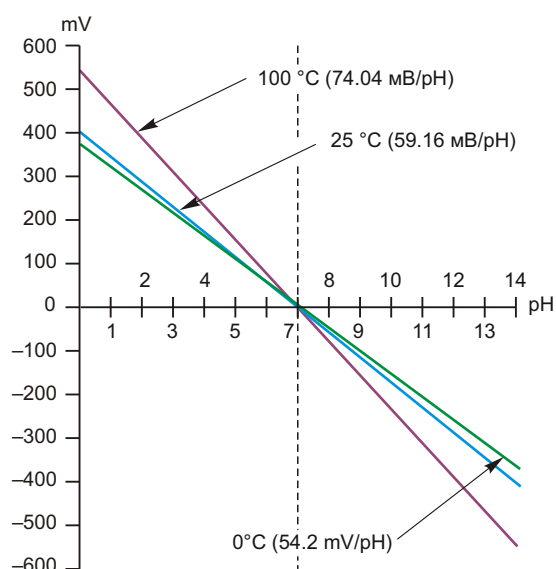


Рисунок 5. Выходное напряжение pH-электрода линейно зависит от измеряемого водородного показателя.

тве которого нередко используют среднюю точку питания.

Импеданс источника pH-электрода очень высок, поскольку колба из тонкого стекла имеет большое сопротивление, в типичном случае находящееся в диапазоне от 10 до 1000 МОм. Это означает, что за состоянием электрода можно наблюдать только с помощью высокоимпедансной измерительной схемы. Кроме того, схема должна иметь низкий входной ток смещения, поскольку даже ничтожный ток, подаваемый в электрод с высоким импедансом, создает значительное напряжение смещения и вносит ошибку измерения в систему. Также вполне возможно, что ток, протекающий через pH-электрод при выключенной системе, с течением времени может ухудшить параметры датчика. Поэтому важно, чтобы входной ток смещения оставался низким даже тогда, когда на измерительную цепь не подается питания.

pH-электрод вырабатывает напряжение, линейно зависящее от уровня pH исследуемого раствора. Передаточная функция и шкала pH на Рисунках 5 и 6 показывают, что при увеличении водородного показателя раствора выходное напряжение электрода уменьшается. Не следует забывать о температурной зависимости чувствительности pH-электрода. Глядя на передаточную функцию, можно увидеть, что чувствительность линейно возрастает с температурой. В связи с этим необходимо измерять температуру раствора и соответствующим образом компенсировать измерения.

Итак, мы увидели, что датчикам pH необходим высокоимпедансный интерфейс с низким входным током смещения, синфазное напряжение и возможность температурной компенсации. Все эти функции может выполнять специально разработанная для химических датчиков схема сопряжения LMP91200 (Рисунок 7). Содержащийся в ней программируемый источник тока максимально упрощает подключение резистивных датчиков температуры. Для повышения точности предусмотрен режим многоступенчатого измерения, исключающий ошибки, вносимые в канал сигнала температуры. Прибор, входной ток смещения которого при 25 °C находится в диапазоне десятков фемтоампер, идеально подходит для подключения высокоимпедансных pH-электродов. Наконец, в выключенном состоянии ток смещения составляет лишь сотни фемтоампер, сводя к минимуму деградацию от долговременного тока.

Мы рассмотрели некоторые наиболее распространенные проблемы, возникающие при разработке систем с промышленными датчиками. Решение этих проблем связано с необходимостью обеспечения возбуждения датчиков, усиления сигналов, температурной компенсации, нейтрализации смещения, преобразования тока в напряжение, создания высокоимпедансных интерфейсов и

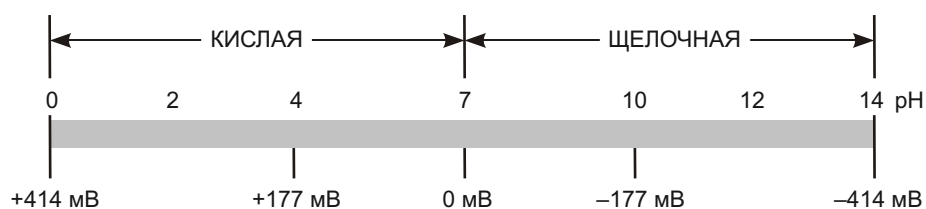


Рисунок 6. С увеличением водородного показателя напряжение на выходе pH-электрода падает.

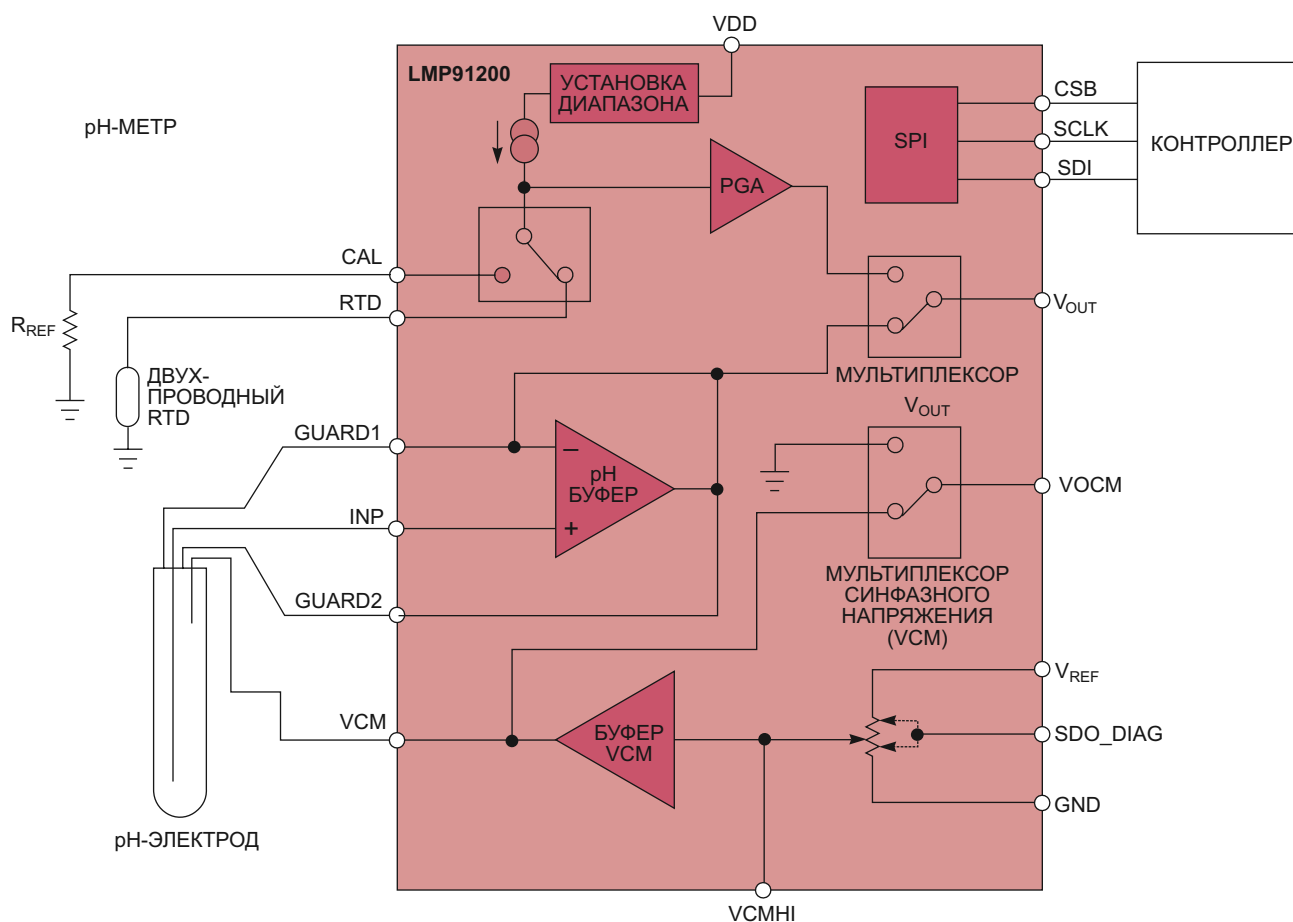


Рисунок 7. Конфигурируемая микросхема сопряжения LMP91200 предназначена для химических измерений.

схем диагностики. Использование соответствующих схем сопряжения повышает точность измерений и упрощает разработку.

На современном рынке представлено множество конфигурируемых и простых в использовании решений для сопряжения с датчиками. У компании TI все эти устройства поддерживаются онлайн-средством разработки WEBENCH Sensor AFE Designer, позволяющим конструкторам создавать высококачественные интегрированные сенсорные системы при одновременном сокращении цикла разработка-производство. **РЛ**

Ссылки

1. «Designing CO₂ and alcohol-sensing applications,» Jason Seitz, ECN, April 2012.
2. «Designing with pH electrodes,» Application Note (AN-1852), Jason Seitz, TI, October 2008.
3. «Designing with thermocouples,» Application Note (AN-1952), Jason Seitz, TI, March 2009.
4. «Detect faults between a sensor and amplifier,» Mike Stout, Electronic Design, December 2010. Download these datasheets: LMP90100 and Family, LMP91000/2, LMP91050/1, LMP91200.

Интегральное зарядное устройство для Li-Ion аккумуляторов с коммутатором, управляющим распределением мощности между параллельными потоками

Часть 1

Sergei Strik, Viktor Strik, Texas Instruments

Аннотация

В статье описано линейное зарядное устройство с коммутатором, управляющим распределением мощности между параллельными потоками. Использование параллельной структуры позволяет сократить площадь схемы и, в отличие от обычных линейных зарядных устройств, поддерживать напряжение в системе на постоянном уровне при любой степени заряда аккумулятора. Кроме того, функция адаптивного распределения тока между аккумулятором и системой повышает скорость заряда до максимально разрешенной. Коммутатор потоков мощности дает возможность заряжать аккумулятор и питать систему одновременно и независимо. Это снижает количество циклов заряда и разряда аккумулятора и обеспечивает поддержание работоспособности устройства в отсутствие батареи или при ее повреждении. Более того, предлагаемая схема не нуждается во внешнем резисторе для измерения зарядного и разрядного тока. Зарядное устройство для Li-Ion аккумуляторов создано на основе КМОП технологии с проектными нормами 0.18 мкм, с двойным слоем поликристаллического кремния, пятью слоями металлизации и комбинацией различных блоков с напряжением питания 1.8, 5 и 28 В.

1. Введение

С каждым днем появляется все больше разнообразных портативных устройств. Для

работы любого из них требуются перезаряжаемые устройства накопления энергии, лучшими из которых на сегодняшний день являются батареи Li-ion аккумуляторов – одно- или многоэлементные. Соответственно, каждому портативному устройству требуется зарядное устройство, а зарядному устройству – микросхема. Из-за больших уровней токов зарядные устройства занимают значительный объем. В то же время, общей тенденцией микроэлектроники является сокращение размеров. Поэтому микросхема управления зарядным устройством должна иметь как можно меньшие размеры.

В описываемом зарядном устройстве использована структура с параллельными потоками мощности, позволяющая при той же рассеиваемой мощности сократить ее размеры по сравнению с традиционными линейными зарядными устройствами с последовательным потоком мощности.

Также весьма важной характеристикой является скорость заряда Li-ion аккумулятора. Для увеличения скорости необходимо с максимально возможной эффективностью распределять токи между аккумулятором и внутренними цепями портативного устройства. Обсуждаемая нами архитектура основана на адаптивном перераспределении тока. Это позволяет увеличивать ток заряда аккумулятора в то время, когда потребление тока устройством падает. Кроме того, мы повышаем эффективность использования аккумулятора с помощью переключателя

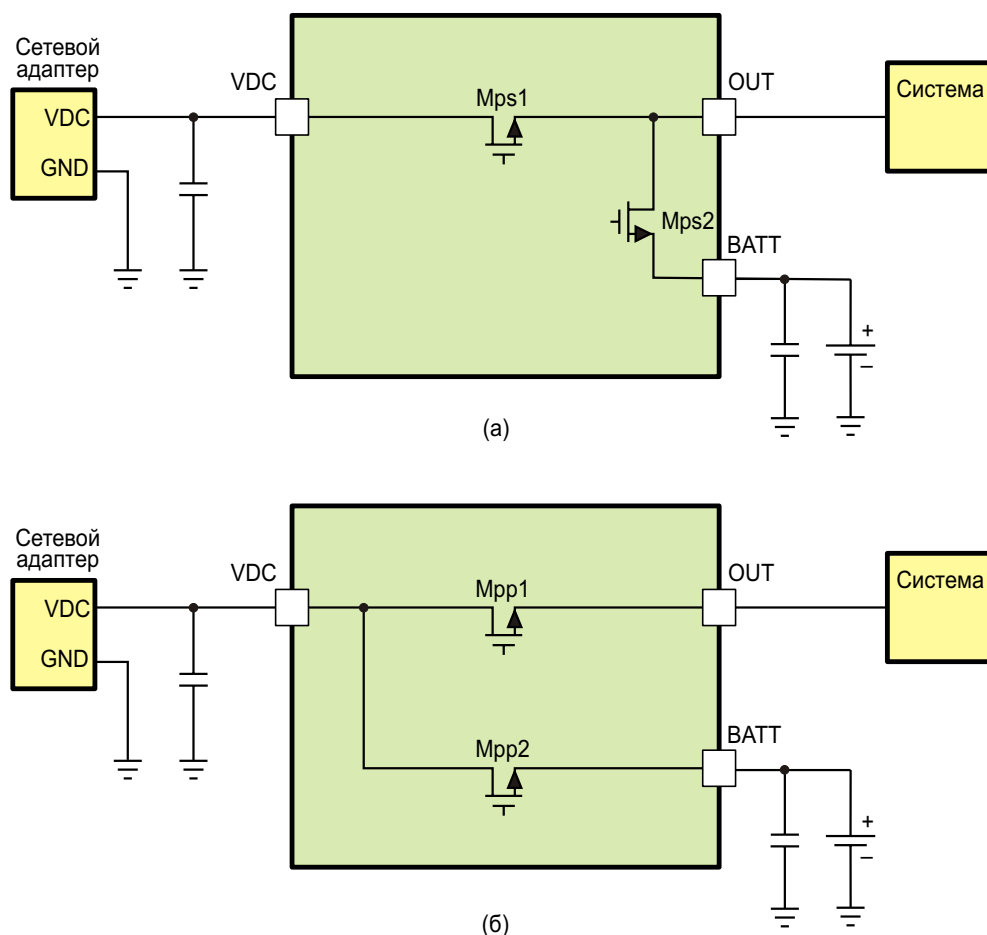


Рисунок 1. Распределение мощности в структуре с последовательным (а) и параллельным (б) потоком.

потоков мощности, изолирующего аккумулятор от системы при подключенном сетевом адаптере.

Предложенная архитектура позволяет с относительно высокой точностью измерять величины зарядного и разрядного токов, получая информацию, которая может использоваться для измерения степени заряда аккумулятора.

Получившаяся в итоге схема линейного зарядного устройства занимает меньшую площадь кристалла и обеспечивает более высокую эффективность заряда аккумуляторов.

2. Предполагаемое описание зарядного устройства

2.1. Параллельные потоки мощности

В традиционных устройствах заряда аккумуляторов используется показанная на Рисунке 1а архитектура с последовательны-

ми потоками мощности [1], [2], [3]. Хотя по количеству требуемых MOSFET эта конфигурация не отличается от варианта с параллельным распределением мощности (Рисунок 1б), занимаемая ею площадь заметно больше. В линейных зарядных устройствах силовые MOSFET, поддерживая постоянный уровень тока, работают в линейном режиме. Напряжение между стоком и истоком транзистора при этом равно

$$V_{DS} = V_{GS} - V_T - \frac{V_{DS}}{2} \quad (1)$$

где

V_{GS} – напряжение сток-затвор MOSFET,

V_T – пороговое напряжение MOSFET,

V_{DS} – напряжение сток-исток MOSFET,

– можно выразить как

$$\frac{W}{L} C_{ox} \quad (2)$$

где

W – ширина канала MOSFET,

L – длина канала MOSFET,

μ – подвижность носителей в канале MOSFET,

C_{OX} – можно представить выражением

$$C_{OX} = \frac{\epsilon_0}{D} \quad (3)$$

где

ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость кремния,

ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума,

D – толщина оксидного слоя.

Минимальные размеры мощного транзистора ограничены минимальным значением его напряжения сток-исток V_{DS} , определяющим границы линейного участка рабочей области при максимальном токе стока I_{DS} . В показанной на Рисунке 1а структуре с последовательным потоком мощности максимальный ток сток-исток I_{DS} мощного МОП транзис-

тора $Mps1$ определяется максимальным током, получаемым от входа сетевого адаптера, то есть

$$I_{DS,Mps1} = I_{IN}.$$

В свою очередь, входной ток является суммой максимального тока заряда аккумулятора и максимального тока, потребляемого нагрузкой системы:

$$I_{IN} = I_{SYS} + I_{CHG}.$$

В последовательной структуре напряжение системы V_{SYS} всегда превышает напряжение аккумулятора на величину падения напряжения на $Mps2$. Когда напряжение на аккумуляторе достигнет установленного предела V_{TERM} , напряжение системы будет максимальным и равным

$$V_{SYS} = V_{TERM} + V_{DS,Mps2}.$$

Минимальное падение напряжения на $Mps1$ равно

$$V_{DS,Mps1} = V_{DC} - V_{SYS}.$$

На основании выражений (1) – (3) можно определить минимально необходимые размеры транзистора $Mps1$:

$$W_{Mps1} = \frac{I_{SYS} I_{CHG} L_{Mps1}}{C_{OX} V_{GS} V_T \frac{V_{DC} V_{SYS}}{2} V_{DC} V_{SYS}} \quad (4)$$

Через второй мощный МОП транзистор $Mps2$ протекает максимальный ток сток-исток, равный максимальному зарядному току аккумулятора:

$$I_{DS,Mps2} = I_{CHG}.$$

Минимальное падение напряжения на $Mps2$ равно

$$V_{DS,Mps2} = V_{SYS} - V_{TERM}.$$

Отсюда следует, что минимально необходимые размеры $Mps2$ равны

$$W_{Mps2} = \frac{I_{CHG} L_{Mps2}}{C_{OX} V_{GS} V_T \frac{V_{SYS} V_{TERM}}{2} V_{SYS} V_{TERM}} \quad (5)$$

В структуре с параллельными потоками мощности максимальное значение тока I_{DS} транзистора $Mpp1$ (Рисунок 1б) определяется максимальным током нагрузки системы:

$$I_{DS} = I_{SYS}.$$

Минимальное напряжение V_{DS} зависит от

напряжения системы V_{SYS} и может быть представлено как

$$V_{DS} = V_{DC} - V_{SYS}.$$

Такой подход, в отличие от последовательной структуры, позволяет системе оставаться независимой от напряжения аккумулятора. Используя (5), можно оценить минимально необходимые размеры $Mpp1$:

$$W_{Mpp1} = \frac{I_{SYS} L_{Mpp1}}{C_{OX} V_{GS} V_T \frac{V_{DC} V_{SYS}}{2} V_{DC} V_{SYS}} \quad (6)$$

Максимальный ток сток-исток транзистора Mpp2 равен

$$I_{DS} = I_{CHG},$$

а минимальное напряжение

$$V_{DS} = V_{DC} - V_{TERM}.$$

Таким образом, минимально необходимый размер Mpp2 равен

$$W_{Mpp2} = \frac{I_{CHG} L_{Mpp2}}{C_{OX} V_{GS} V_T \frac{V_{DC} - V_{TERM}}{2}}. \quad (7)$$

Из выражений (4) – (7) видно, что два мощных МОП транзистора параллельной структуры занимают меньшую площадь, чем один транзистор Mps1 в последовательной структуре. Однако в параллельном устройстве заряда отсутствует связь между аккумулятором и системой, а при отключенном зарядном устройстве система должна как-то получать питание от батареи. По этой причине в схему был добавлен транзисторный переключатель потоков мощности, показанный на Рисунке 2. В процессе заряда транзистор этого переключателя не участвует, а работает как ключ, изолирующий аккумулятор от системы. Если батарея полностью заряжена, а сетевой адаптер остается подключенным, вся мощность забирается только от адаптера, и аккумулятор оказывается полностью защищенным от ненужных циклов заряда/разряда. Для снижения мощности, рассеиваемой переключателем потоков во время разряда аккумулятора, его сопротивление во включенном состоянии должно быть минимизировано. В последовательных линейных зарядных устройствах транзистор Mps2 работает как переключатель потоков мощности в линейной структуре. Чтобы быть точным в сравнении двух архитектур, предположим,

что мощность, рассеиваемая на ключе в режиме разряда одинакова, и, соответственно, для Mps2 и переключателя потоков требуется одинаковая площадь на кристалле.

Тем не менее, параллельная структура с точки зрения занимаемой площади остается более эффективной благодаря меньшему суммарному размеру транзисторов Mpp1 и Mpp2 по сравнению с Mps1. Независимое и постоянное напряжение системы также можно считать преимуществом параллельной структуры.

2.2. Схема зарядного устройства

Первый из двух параллельных путей передачи мощности предложенного линейного устройства обслуживает заряд аккумулятора. Линейные устройства заряда могут работать в трех режимах: поддержания постоянного тока (CC), поддержания постоянного напряжения (CV) и управления температурой. Последний режим предохраняет схему от перегрева [4]. На трех усилителях сигналов ошибки, имеющих выходы с открытым стоком, создана последовательность контуров регулирования. Объединенные вместе выходы выполняют мажоритарную функцию по отношению к трем аналоговым входным

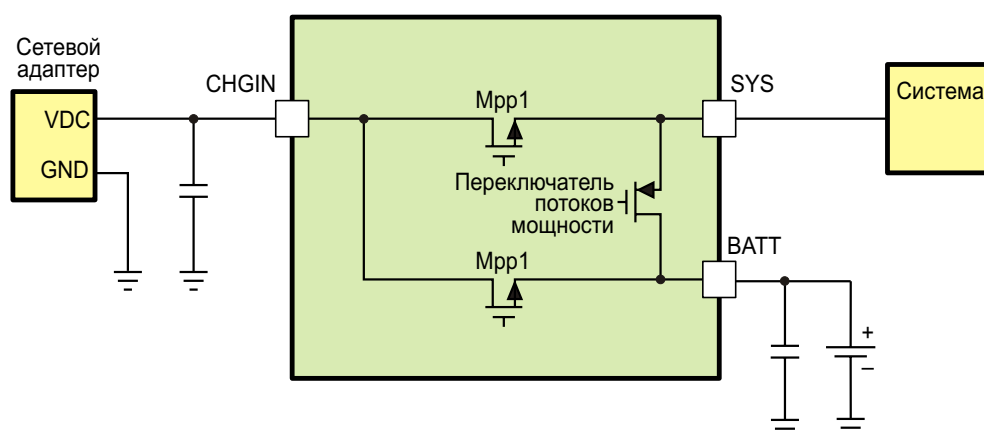


Рисунок 2. Переключатель потоков мощности в параллельной структуре.

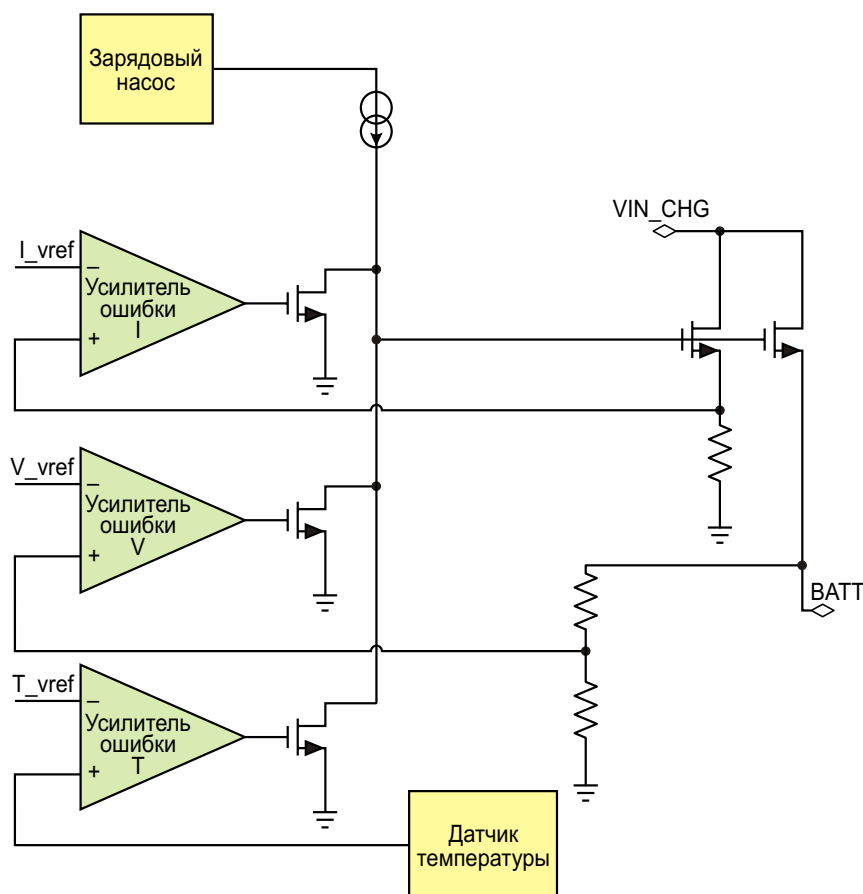


Рисунок 3. Блок-схема предлагаемой схемы управления зарядом.

сигналам [5]. На Рисунке 3 показаны основные элементы предлагаемой схемы. Усилитель ошибки CC управляет силовым MOSFET во время протекания через него установленного зарядного тока. Усилитель ошибки CV вступает в работу, когда напряжение на аккумуляторе достигает заданного предельного значения. Усилитель в контуре регулирования температуры включается, когда температура, измеренная датчиком, достигает максимально допустимого уровня. В этом случае зарядный ток начинает плавно снижаться до тех пор, пока температура не вернется к нормальному значению.

В линейных зарядных устройствах в качестве силового элемента часто используется P-канальный МОП транзистор [6], [7], [8]. Его размеры определяются требуемым падением напряжения сток-исток при максимальном зарядном токе, или, иными словами, сопротивлением сток-исток R_{DS} . Однако у N-канальных МОП транзисторов это сопротивление при одинаковых размерах меньше, чем у P-канальных, из-за лучшей подвижности носителей. Поэтому для сокращения раз-

меров схемы регулирующий элемент мы сделали на N-канальном транзисторе. Он управляется простым зарядовым насосом, выходное напряжение которого достаточно велико для уверенного управления транзистором, даже при максимальном напряжении батареи. **РЛ**

Ссылки

1. Jia-na Lou; Xiao-bo Wu; Meng-lian Zhao; «Switch-mode multi-power-supply Li-ion battery charger with power-path management,» Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT), 2010 10th IEEE International Conference on , vol., no., pp.527-529, 1-4 Nov. 2010
2. Texas Instruments, 2009, 1.5A USB-Friendly Li-Ion battery charger and Power-Path Management IC, datasheet
3. Analog Devices, 2012, Tiny I2C Programmable Linear Battery Charger with Power Path and USB Mode Compatibility, datasheet
4. K. K. Vijeh, «Current, voltage and temperature govern Li-Ion battery charging», Planet Analog, June 2010
5. E. E. Potanina, V. Y. Potanin, «Li-Ion Battery Charger with Three-Parameter Regulation Loop», Power Electronics Specialists Conference 2005. PESC '05. IEEE 36th, June 2005

6. B.D.Valle, C.T.Wentz and R.Sarpeshkar, «An Area and Power-Efficient Analog Li-Ion Battery Charger Circuit,» IEEE Trans.Biomedical Circuits and Systems, vol. 5, no. 2, Apr. 2011
7. C.C.Tsai, C.Y.Lin, Y.S.Hwang, W.T.Lee and T.Y.Lee, «A multi-mode, LDO-based Li-ion battery charger in 0.35 μ m CMOS technology,» in Proc. IEEE Asia-Pacific Conf. Circuits and Systems, Taiwan, Dec. 2004, pp.49-52.
8. F.Lima, J.N.Ramalho, D.Tavares, J.Duarte, C.Albuquerque, T.Marques, A.Geraldes, A.P.Kasimiro, G.Renkema, J.Been and W.Groeneveld, «A Novel Universal Battery Charger for NiCd, NiMH, Li-Ion and Li-Polymer,» in Proc 29th European. Solid-State Circuit Conf., Portugal, Sep.2003, pp.209-212.

Окончание в следующем номере

Миллиметровые волны раздвинут границы будущих беспроводных технологий

Часть 2

Окончание. Начало в номере 05-2013

Lou Frenzel

Electronic Design

WirelessHD

Стандарт WirelessHD основан на 60-гигагерцовой технологии, разработанной компанией SiBEAM, приобретенной Silicon Image в 2011 году. Исходная спецификация стала называться WirelessHD. Этот стандарт поддерживается и продвигается консорциумом WirelessHD, специальной группой, включающей в себя десятки компаний, выпускающих полупроводниковую и потребительскую электронику.

Последняя спецификация WirelessHD под номером 1.1 позволяет передавать несжатое видео (и сопутствующее аудио) формата 1080p в 24-битном цвете при частоте обновления кадров 60 Гц. Также можно передавать сжатое видео во всех форматах EIA 861. Максимальная скорость передачи данных превышает 3 Гб/с, но в особых условиях возможны скорости от 10 до 28 Гб/с. При этом используется нелицензируемый диапазон частот от 57 до 64 ГГц, который доступен в США. Поддиапазоны также доступны в Японии и Южной Корее, а в скором будущем и в Евросоюзе.

Ключевой частью спецификации является технология адаптивной антенной решетки (Smart Antenna), включающая в себя функции формирования диаграммы направленности и слежения за лучом. Это позволяет передавать сигналы вне пределов прямой видимости, чтобы исключить влияние препятствий и увеличить дальность связи. Функция форми-

рования луча использует фазированную антенную решетку, обеспечивающую очень высокий коэффициент усиления. При этом максимальное значение эффективной изотропно-излучаемой мощности (EIRP) может достигать 10 Вт, что увеличивает расстояние передачи WirelessHD до 10 м. Функция слежения за лучом позволяет передатчику и приемнику оставаться на одной линии при перемещении самого оборудования или появлении и исчезновении препятствий.

WirelessHD определяет режим с высокой скоростью и режим с низкой скоростью передачи данных. Оба режима используют OFDM (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов). Для высокоскоростного режима выделяется полоса 1.76 ГГц, находящаяся внутри одной из четырех неперекрывающихся полос шириной 2.16 ГГц в диапазоне 57 ... 64 ГГц. Она включает в себя 512 поднесущих шириной 4.957 МГц, из которых 336 предназначены для данных. Для модуляции может применяться квадратурная фазовая манипуляция (QPSK) или 16-уровневая квадратурная амплитудная манипуляция (16QAM). Скорость при использовании QPSK составляет 1.9 Гб/с, а при 16QAM – 3.8 Гб/с. Низкоскоростной режим использует OFDM со 128 поднесущими с полосой 92 МГц. Скорость передачи данных при двоичной фазовой манипуляции (BPSK) может варьироваться от 2.5 до 40 Мб/с, в зависимости от скорости кодирования и способов формирования луча.

Компания Silicon Image, разработавшая такие стандарты видеоинтерфейса, как HDMI, MHL и DVI, выпускает радиоустройства WirelessHD. Она выдает лицензии на технологию и поставляет микросхемы для этих интерфейсов. Ее однокристалльный приемопередатчик UltraGig 6400 содержит встроенный модуль формирования луча и управляемую антенную решетку, а также все средства обработки сигнала (Рисунок 3). Благодаря малым размерам (10 × 7 мм) этот приемопередатчик можно установить в ноутбук или планшет, чтобы передавать видео на стоящий неподалеку экран HDTV с помощью адаптера WirelessHD. Задержка составляет менее 5 мс, а энергопотребление равно 500 мВт.

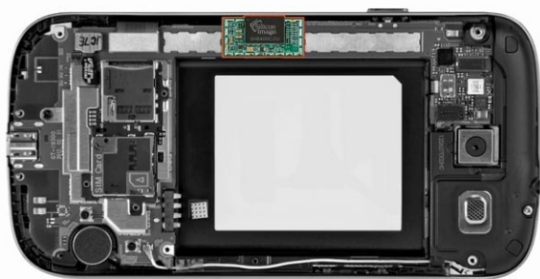


Рисунок 3. 60-гигагерцовый трансивер UltraGig 6400 компании Silicon Image достаточно компактен для установки в современные смартфоны.

Стандарты WiGig и WirelessHD схожи друг с другом по техническим особенностям, функциональности и предназначению. Передача видеосигнала является основной областью их применения. Оба стандарта предлагают гигабитные скорости передачи с управляемыми антенными решетками и функциями формирования луча, обеспечивающими максимальную дальность до 10 метров.

Основное предпочтение отдается стандарту WiGig из-за поддержки PAL, который позволяет адаптировать этот стандарт к множеству других интерфейсов. WiGig также совместим с другими стандартами 802.11, что дает возможность организовать в нескольких диапазонах его совместную работу с другими устройствами. При передаче видео, кажется, ни одна из технологий преимуществ не имеет. В пользовательских видеоприложениях предпочтение отдается WirelessHD.

Разрабатывать 60-гигагерцовые приложения становится все проще благодаря созда-

нию специализированных микросхем, например, производимых компанией Hittite Microwave Corp. Ее передатчик HMC6000LP711E и приемник HMC6001LP711E работают в ISM-диапазоне 57 ... 64 ГГц. Они идеально подходят для создания устройств WiGig с модуляцией одной несущей, для передачи видео формата HD, а также для такой категории телекоммуникационного оборудования, как ретрансляторы.

Обе микросхемы поддерживают утвержденное IEEE разделение на каналы шириной 2.16 ГГц с полосой частот модуляции 1.8 ГГц. Выходная мощность передатчика равна 16 дБм. Коэффициент шума приемника составляет 7 дБ, а его управляемый коэффициент усиления может достигать 67 дБ. Передатчик и приемник имеют на кристалле интегрированные антенные решетки с усилением 7.5 дБи. Оба устройства выпускаются в 60-выводных корпусах для поверхностного монтажа размером 7 × 11 мм.

Радар-на-кристалле

Современные полупроводниковые технологии позволяют изготавливать устройства миллиметрового диапазона в виде отдельных микросхем. Уже готовы для применения в новых приложениях однокристалльные радары. Радары миллиметрового диапазона в течение многих лет использовались в военной отрасли, однако в коммерческих или потребительских устройствах эта технология не была широко распространена из-за своей дороговизны. Но сегодня для однокристалльных радаров на основе кремниевогерманиевых биполярных транзисторов на гетеропереходах или технологии BiCMOS уже найдено множество новых областей применения.

24-гигагерцовый однокристалльный радар BGT24MTR11 компании Infineon работает в ISM-диапазоне 24 ... 24.25 ГГц. Приемник и передатчик размещены на одном кристалле в корпусе QFN. Устройство исключительно просто в использовании, поскольку разработчику не нужно устанавливать на плату радиочастотные согласующие элементы и заниматься расчетом высокочастотных соединений. Максимальная дальность обнаружения составляет 160 м.

BGT24MTR11 работает по принципу доплеровской РЛС с непрерывным излучением,



Рисунок 4. Семейство однокристальных радаров BGT24MTxxx компании Infineon позволяет создавать более точные системы определения уровня содержимого в резервуарах или силосах, поскольку такие системы не будут «обмануты» попаданием брызг или пыли.

который используется во многих приложениях, например, в измерителях уровня жидкости в резервуарах (Рисунок 4). Радар может использоваться также в системах уличного освещения, детекторах движения, дверных замках, в охранной сигнализации, полицейских скоростемерах, а также для предупреждения столкновений промышленных транспортных средств.

Одним из ключевых преимуществ радара миллиметрового диапазона является его высокое разрешение при обнаружении малых объектов и перемещений. При определении местоположения можно добиться миллиметровой точности. Предлагаемая Infineon версия с двумя приемниками обеспечивает еще большую точность обнаружения объектов в более широких углах. Что весьма неплохо для микросхемы стоимостью \$16.

Наиболее обширной областью применения миллиметровых радаров, пожалуй, являются автомобильные системы безопасности, к которым относятся адаптивный круиз-контроль, системы автоматического торможения, устройства предупреждения столкновений, средства контроля «слепых» зон и предупреждения о смене ряда движения, а также детекторы задней полусферы. Эти радары работают в ISM-диапазоне 76...81 ГГц.

Решение компании Freescale Semiconductor для автомобильных радаров представляет собой 77-гигагерцовый чипсет, содержащий передатчик PRDTH11101 и многоканальный приемник, а также 32-разрядный микроконтроллер. Такое сочетание может использоваться в большинстве

распространенных автомобильных систем с дальностью обнаружения от 20 до 200 м.

Подобные радарные системы используются в автомобилях класса люкс. Однако, как и камеры заднего вида, они постепенно проникают и в бюджетные автомобили благодаря тому, что производители и потребители начинают осознавать их преимущества для обеспечения безопасности. Например, 77-гигагерцовый радар корпорации DENSO установлен в новой Mazda 6. Его дальность и радиус обнаружения составляют 205 м и $\pm 18^\circ$, соответственно.

Согласно недавнему исследованию, проведенному Институтом статистики дорожных происшествий (HLDI), применение систем обнаружения лобового столкновения и автоматического торможения в автомобилях Acura и Mercedes позволило сократить количество страховых случаев на 14%. Национальная администрация безопасности дорожного движения США (NHTSA) предположила, что такие радарные системы позволили бы сократить количество аварий при движении задним ходом на 15%. Пока NHTSA намечает проведение новых исследований, правительство могло бы сделать подобные системы обязательными для использования во всех автомобилях в ближайшем будущем.

Идеальный ретранслятор

Транспортная система связи, или ретранслятор, как правило, представляет собой организованную между удаленными станциями коммуникационную линию типа «точка-точка» (P2P). Линии могут быть проводными или беспроводными. Распространены как оптоволоконные, так и СВЧ линии. Базовые станции сотовых сетей подключаются к центральной коммутационной станции с помощью ретрансляторов. Хотя оптоволоконные соединения, вероятно, пока доминируют в сфере ретрансляционных систем благодаря высокой скорости передачи, радиомосты микроволнового и миллиметрового диапазонов становятся все более распространенными.

Ретрансляторы миллиметрового диапазона хорошо подходят для перехода на новые сети с малыми размерами сот. Небольшие базовые станции, называемые пикосоты, микросоты и метросоты, как предполагается, будут широко использоваться при развертывании сетей LTE 4G в районах с высокой плот-

ностью. Похоже, что лучшим способом соединить эти соты с центральной коммутационной станцией станет применение миллиметровых систем связи.

Стандартными диапазонами микроволновых ретрансляторов являются 6, 11, 18, 23 и 38 ГГц. Ретрансляционное оборудование нелицензируемого диапазона 60 ГГц стоит недорого, но имеет ограниченную дальность связи из-за высокого уровня поглощения радиоволн кислородом. Также доступны некоторые ретрансляционные устройства, работающие на частоте 80 ГГц. Наиболее популярным новым миллиметровым диапазоном является Е-диапазон, охватывающий полосы от 71 до 76 ГГц, от 81 до 86 ГГц и от 92 до 95 ГГц.

Правда, для работы на таких частотах в США требуется лицензия Федерального агентства по связи (FCC). Зато эти частоты лишены присущих диапазону 60 ГГц недостатков, связанных с ослаблением сигнала из-за высокого уровня осадков и других атмосферных эффектов. Передача в миллиметровых диапазонах может выполняться на очень

высоких скоростях от 1 до 10 Гб/с и, в некоторых случаях, выше. Хотя дальность связи невелика, он обеспечивает превосходную конфиденциальность, безопасность и многократное использование частот. В качестве протокола был выбран Ethernet.

Модуль Siklu Etherehaul-1200Т работает в Е-диапазоне 71 ... 76 ГГц (Рисунок 5а), обеспечивая скорость передачи данных до 1 Гб/с с использованием адаптивного кодирования и модуляции. Компания Ceragon поставляет усовершенствованные ретрансляторы FibeAir IP-20С на любые стандартные частоты от 6 до 38 ГГц (Рисунок 5б). Гарантированная скорость передачи данных по каналу 28/30 МГц составляет 1 Гб/с, а по каналу 56 МГц – 2 Гб/с. С целью обеспечения высокой пропускной способности в FibeAir IP-20С используется модуляция 2048QAM и технология MIMO (множественный вход, множественный выход) с 4 приемными и 4 передающими антеннами.

Эти и подобные им модули производства BridgeWave, DragonWave и других компаний позволяют организовать связь при меньших затратах, чем при использовании оптоволоконных соединений. Установка ретрансляционного оптоволоконного оборудования обойдется от \$25,000 до \$100,000 на милю, и это не учитывая того, что кабели нужно вешать на столбах или закапывать в землю. Установка микроволновых и миллиметровых ретрансляционных систем стоит менее \$20,000 на милю и, в отличие от оптоволокну, занимает всего несколько дней, а не месяцев.

Технология 5G будет миллиметровой?

Распространение технологий сотовой связи LTE и 4G сдерживается дефицитом свободного спектра. Для LTE требуется огромная полоса частот, которой располагают только поставщики услуг связи. Стоимость покупки нового спектра высока, а его объем ограничен. Для получения спектра операторы прибегают к различным ухищрениям, чтобы увеличить потенциал сетей LTE и собственную выручку.

Одним из решений является переход на формат TD-LTE (дуплексная передача с разделением во времени), в котором используется только половина спектра FDD-LTE (дуплексная передача с частотным разделением).



Рисунок 5. Транзитные блоки для малых сот очень компактны и монтируются на фонарных столбах или других объектах. Etherhaul 1200Т компании Siklu работает в Е-диапазоне от 71 до 76 ГГц и обеспечивает скорость передачи данных до 1 Гб/с (а). Модели IP-20С фирмы Ceragon работают в диапазоне от 6 до 38 ГГц (б). При использовании технологии MIMO скорость передачи данных может достигать 2 Гб/с

ем). Однако это не входит в планы большинства поставщиков услуг. Более популярное решение – малые соты. Микросоты, пикосоты и фемтосоты представляют собой базовые станции с ограниченным диапазоном, которые устанавливаются для расширения зоны покрытия базовых станций макроуровня. Имея небольшую дальность передачи, эти малые соты позволяют задействовать технологии многократного использования частот для более эффективного расходования доступного спектра.

Системы малых сот, также называемые гетерогенными сетями или HetNets, со временем могут стать основой сотовой связи пятого поколения (5G). Но это еще не все. Малые соты могут работать в миллиметровом диапазоне, что позволит получить бесценный спектр, необходимый для расширения. Недавние исследования, проведенные в Нью-Йоркском университете (NYU), показали, что миллиметровый диапазон может быть задействован для организации сотовой связи.

На примере использования полос 28 ГГц и 38 ГГц исследователи NYU показали, что работа подобной сети возможна даже в условиях сверхплотной городской застройки Нью-Йорка. Узконаправленные антенны с автоматическим позиционированием и функциями формирования луча могут обеспечить надежную работу сотовых телефонов на миллиметровых волнах.

Терагерцы и далее

Хотя учеными и созданы транзисторы, преодолевшие границу 100 ГГц, на частотах начиная примерно с 300 ГГц пользы от них

немного из-за чрезмерно большого времени прохождения сигнала через устройство. В таком случае, что же может использоваться для генерации и обнаружения волн частотой выше 1 ТГц? Как ни странно, сегодня существуют полупроводниковые приборы, способные работать в оптическом спектре выше терагерцовой зоны.

Инфракрасный диапазон простирается от 700 до 2000 нм или от 430 до 150 ТГц. Диапазон видимого света – от 400 (фиолетовый) до 700 (красный) нм или от 430 до 750 ТГц. Ультрафиолетовый свет начинается за границей 740 ТГц. Генерировать эти волны могут лазеры и светодиоды, а фотодиоды могут их обнаружить, но все эти приборы не работают на нижних частотах терагерцового диапазона. Таким образом, интервал примерно от 300 ГГц до 100 ТГц представляет собой «мертвую» зону, для работы в которой реально пригодных устройств либо практически не существует, либо существуют считанные единицы.

Было показано, что в этом диапазоне в качестве смесителей сигналов могут использоваться диоды Шотки, но где взять хороший генератор терагерцовой частоты или эквивалентный ему прибор? Статьи в относительно новом журнале «Transactions on Terahertz Science and Technology (Труды в области терагерцовой науки и техники)» организации IEEE описывают научно-исследовательские работы, проводимые в США. Нам еще предстоит увидеть основные приложения волн терагерцового диапазона, и может оказаться, что они не будут иметь отношения к коммуникациям. **РЛ**

PCBWeb: новейшее средство проектирования печатных плат в облаках

Natasha Baker, Канада

Electronic Design

Становясь все более мощными, веб-инструменты проектирования бросают вызов традиционным настольным средствам. В практическом обзоре Наташи Бейкер рассматриваются основные особенности новой онлайн системы, получившей название PCBWeb.

Несмотря на то, что в течение последних лет появилось несколько онлайн систем проектирования печатных плат, подавляющее большинство разработчиков по-прежнему использует те же настольные приложения, которые на протяжении многих десятилетий доминировали в отрасли автоматизации проектирования электронных систем.

Новое средство разработки PCBWeb, предложенное основателями входящей в сообщество EEWb компании Aspen Labs, стало последним продуктом, появившимся в этом конкурентном пространстве. Цель компании состоит в том, чтобы предложить профессиональным инженерам полнофункциональный онлайн инструмент для разработки и производства электронных схем.

Aspen Labs не новичок в разработке онлайн CAD систем. Год назад компанией была выпущена программа Schemelt – простое средство рисования электронных схем, а затем графический SPICE симулятор PartSim. Но PCBWeb, с полным набором средств рисования принципиальных схем и трассировки печатных плат, знаменует переход компании на качественно новый уровень.

После двух лет разработки бесплатная бета-версия продукта, наконец, стала доступна публике. Однако, несмотря на столь впечатляющую цену, PCBWeb демонстрирует серьезный потенциал, позволяющий программе конкурировать с ведущими игроками

рынка САПР благодаря совокупности заложенных технических достоинств и постоянному развитию.

«Компания поставила перед собой четкую задачу создания максимально простого в использовании инструмента, но из этого вовсе не следует, что программа предназначена для воскресных развлечений радиолюбителей», – говорит Коди Миллер (Cody Miller), президент и соучредитель Aspen Labs.

«Наша цель заключалась не в том, чтобы создать игрушку или средство для начинающих разработчиков», – сказал Миллер. – «Цель совсем иная: в течение ближайших пяти лет выпустить полнофункциональное серьезное средство проектирования, способное конкурировать с системами разработки печатных плат среднего уровня».

Ввод принципиальных схем

После простой регистрации в PCBWeb пользователи могут открыть существующий проект, создать новый или добавить соавторов (Рисунок 1). Каждый проект имеет три режима представления: схема, печатная плата и перечень материалов. Тестирование продукта я решила начать на примере создания простого полосового фильтра.

Содержащая более 100,000 наименований библиотека компонентов разбита на категории. Непосредственно в базу данных

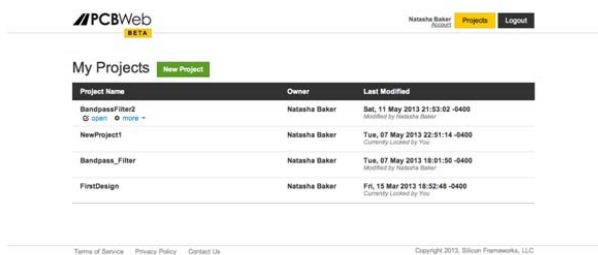


Рисунок 1. Панель управления PCBWeb позволяет пользователям открывать существующие проекты, создавать новые или добавлять соавторов.

встроен параметрический поиск компонентов (Рисунок 2), а во всплывающем над компонентом окне отображаются его основные характеристики, включая изготовителя, тип корпуса и способ монтажа, соответствие RoHS и электрические параметры, такие, как, например, производство коэффициента усиления на полосу пропускания и диапазон рабочих температур.

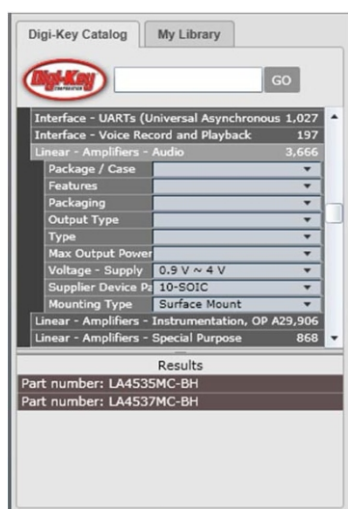


Рисунок 2. Библиотека компонентов PCBWeb с интегрированным сервисом параметрического поиска.

Когда я начала размещение компонентов, первое, что поразило – это полная иллюзия работы с родным для меня настольным приложением. Нет никаких ощутимых задержек, привычным образом поддерживаются стандартные команды, такие как <Ctrl+C> и <Ctrl+V> для копирования и вставки, или выбор дополнительных опций кликом левой клавиши мыши.

Очень хорошо, что база данных содержит только те компоненты, которые сегодня могут

быть реально заказаны, но плохо, что отсутствует возможность уточнения первоначальных спецификаций объектов, подобных пассивным элементам. Однако «это появится очень скоро», – утверждает технический директор Aspen Labs Джо Уолин (Joe Wolin), – «так же, как и возможность настройки, когда значения параметров пассивных компонентов отображаются на схеме».

Если нужного элемента в базе данных нет, пользователь может его создать самостоятельно.

Поддерживающая многолистовые чертежи и многосекционные компоненты среда проектирования принципиальных схем является модальной. Это означает, что, основываясь на характере движения, она старается прогнозировать намерения пользователя – собирается ли он переместить компонент или добавить соединение, – избавляя его от необходимости включения фильтров. «Эта простая в использовании функция», – сказал Миллер, – «очень важна в инструменте, используемом повседневно». Хорошо сделано также управление связями. Перемещение компонентов не разрывает существующих связей и не приводит к появлению новых.

Конструирование печатной платы

По завершении рисования принципиальной схемы (Рисунок 3), клик на вкладке «PCB» немедленно покажет все компоненты и связи между ними. Трассировщик печатных плат поддерживает конструирование многослойных плат с количеством слоев до 30 и проверку соблюдения проектных норм. Автотрассировщика пока нет, но в перечне планов компании его создание числится под номером 1.

При размещении элементов и прокладке связей пользователь может перемещать ком-

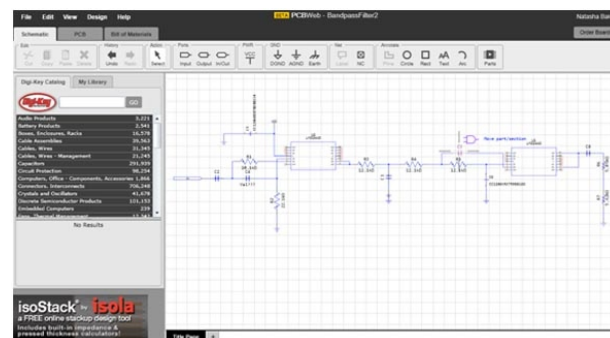


Рисунок 3. Отображение завершенной принципиальной схемы программой PCBWeb.

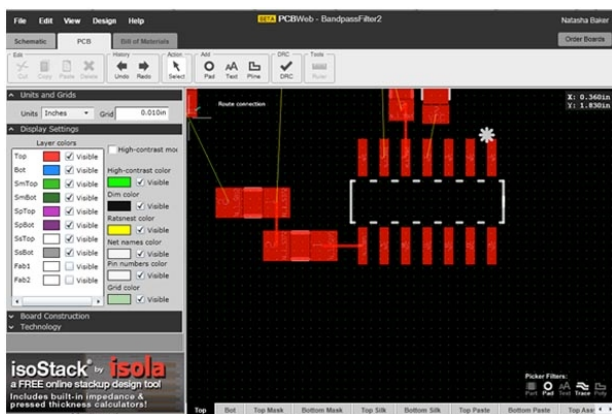


Рисунок 4. Иллюстрация процесса трассировки печатной платы в PCBWeb.

поненты со слоя на слой и переключаться между слоями. Для выбора определенных категорий объектов, таких, как компоненты, контактные площадки, проводники и полигоны, предусмотрены фильтры, облегчающие конструирование насыщенных плат (Рисунок 4). Как и ожидалось, любые изменения принципиальной схемы немедленно отражаются на топологии платы.

Трассировщик печатных плат поддерживает вырезы в областях металлизации, слои питания и иные возможности, такие, например, как режим повышенной контрастности, облегчающий рассмотрение проводников в выбранном слое. Дополнительно компания планирует добавить калькулятор импедансов и ряд других средств.

Создание посадочных областей пока еще не очень удобно и должно выполняться последовательно, площадка за площадкой, но компания уже закончила разработку мастера подсказок для новых компонентов.

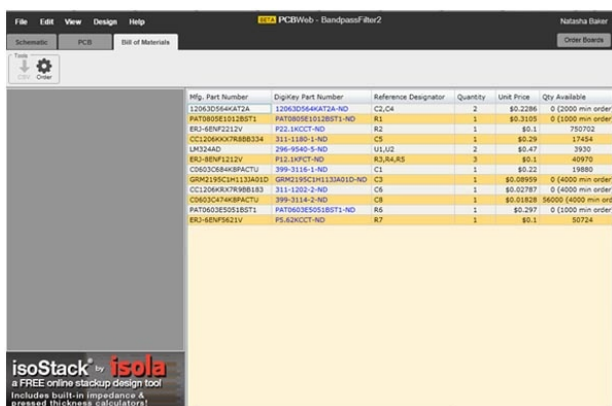


Рисунок 5. Менеджер материалов программы PCBWeb позволяет заказывать компоненты, просматривать техническую документацию и генерировать Gerber-файлы.

Завершение разработки

По завершении разработки соответствующая кнопка во вкладке «Материалы» позволит послать прямой запрос Digi-Key и заказать все необходимые компоненты (Рисунок 5).

Также можно сгенерировать Gerber-файлы, кликнув на кнопку «Заказ печатных плат». В будущем Aspen Labs планирует заключить соглашения с рядом изготовителей, чтобы избавить инженеров от решения производственных проблем, а себе создать источник дохода.

Еще несколько важных замечаний

Возможность, запустив браузер, найти и выполнять все ваши проекты в облаках дает ощущение свободы. Однако что будет при сбое браузера или случайном обновлении страницы? К счастью, когда подобное происходило, в ряде случаев инструмент оказался способным восстановить несохраненные изменения.

Совместная работа над проектом является еще одной приятной особенностью инструмента. Разработку можно сделать глобальной, разрешив общий доступ к ссылке на проект, или же коллективной, путем подключения к работе конкретных сотрудников. Конечно же, по умолчанию статус проекта устанавливается, как личный.

«Мы чувствуем, что технология совместной работы над проектом в пространстве Интернета будет очень эффективной, и люди обязательно оценят это», – говорит Миллер, отмечая, что «она могла бы использоваться для подключения новых разработчиков между этапами разработки принципиальной схемы и конструирования печатной платы».

Компания планирует также предоставить возможность использования скриптов сходных с языком ULP пакета Eagle, которые могли бы выполнять такие задачи, как размещение компонентов.

Последнее, что я попыталась сделать – открыть PCBWeb в моем iPad, – скорее из любопытства, чем по необходимости. К сожалению, использованная в продукте технология Silverlight работает только под ОС Windows и Mac. Увы, пользователям Linux не повезло.

Заключение

Как веб-инструмент для профессиональных разработчиков PCBWeb имеет огромный потенциал, хотя, безусловно, ему придется выдержать борьбу как с настольными системами, подобными Eagle или Diptrace, так и с другими онлайн средствами, а именно, с Upverter, CircuitLab и Circuits.io. Другой проблемой для компании будут инженеры, твердо убежденные в том, что заменять чем-либо

настольные системы разработки нет никакой необходимости.

Но Миллер в отношении перспектив PCWeb исполнен оптимизма. «Одни инженеры онлайн решения встречают с энтузиазмом, другие категорически не желают принимать парадигму использования облачных технологий», – говорит он. – «Однако по мере того, как люди будут использовать их все больше и больше, веб-приложения станут казаться им более удобными, чем настольные». **РЛ**

Загрузки



PCBWeb: демонстрационное видео

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование



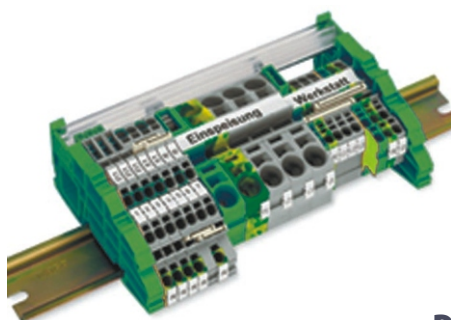
»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



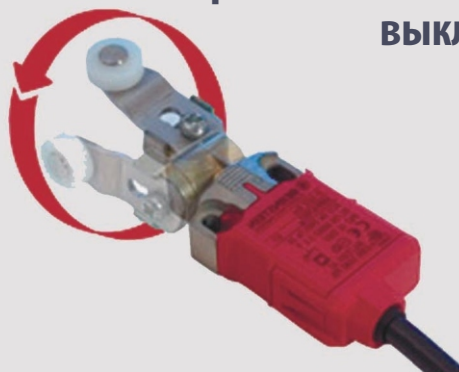
WAGO
INNOVATIVE CONNECTIONS

клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат



BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU



В июле 1951 года Bell Labs сообщила об изобретении плоскостного транзистора

Suzanne Deffree

EDN

В первую неделю июля 1951 года на пресс-конференции в Мюррей Хилле, Нью-Джерси, Bell Labs устами Уильяма Шокли (William Shockley) объявила об изобретении плоскостного транзистора.



Первый плоскостной транзистор, созданный в Bell Labs.

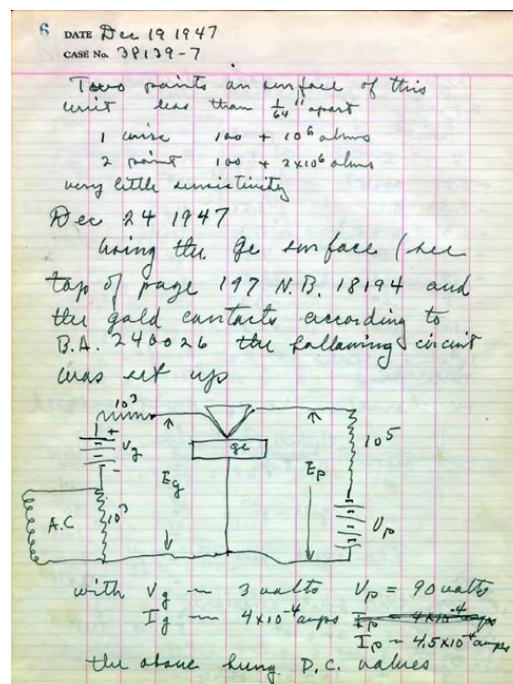
Относительно точной даты этого исторического события источники не имеют общего мнения. Согласно одним, официальное сообщение было сделано 4 июля, согласно другим — 5 июля 1951 г.



Слева направо: Джон Бардин, Уильям Шокли, Уолтер Брэттэйн.

В то время Шокли возглавлял в Bell Labs подразделение физики твердого тела, отличавшееся исключительным уровнем внутренней конкуренции.

Новый транзистор был лишен недостатков, присущих транзисторам с точечным контактом, которые Джон Бардин (John Bardeen) и Уолтер Брэттэйн (Walter Brattain) разработали несколькими годами раньше без участия Шокли, но опираясь на некоторые его труды. Говорят, что когда начинался процесс патентования точечного транзис-



Страница из записок Шокли, сделанных во время разработки плоскостного транзистора.

тора, Шокли приложил много сил к тому, чтобы в патентной заявке стояло только его имя.

Коллеги характеризовали Шокли, как «огромное эго». Кроме того, он исповедовал откровенно расистские взгляды.

Хотя Шокли часто называют «изобретателем» транзистора и, несмотря на приписываемое ему эго, пытаюсь опровергнуть эти

утверждения, он многократно подчеркивал, что лишь возглавлял усилия других разработчиков.

Через несколько лет после изобретения плоскостного транзистора Шокли покинул Bell Labs и в итоге стал почетным профессором электротехники в Стэнфорде. Он скончался в университетском кампусе в 1989 году в возрасте 79 лет. **РЛ**

Биполярный ключевой каскад



Грошев В.Я.

Описываемое ниже устройство предназначено, в основном, для построения импульсных источников питания с высоким входным напряжением, например, выпрямленным напряжением промышленной сети переменного тока.

В настоящее время считается, что наиболее эффективные конвертеры для решения такой задачи можно реализовать только на полевых транзисторах, поскольку эти полупроводниковые приборы обладают исключительно высокой скоростью коммутации. Кроме этого, для управления ключевыми каскадами такого типа требуется очень небольшая мощность.

Однако конструкция мощного полевого транзистора такова, что его выходная емкость, шунтирующая разомкнутый ключ, имеет большую величину. Поэтому потери мощности на полевых ключевых элементах в сетевых конвертерах, входное напряжение в которых составляет несколько сотен вольт, оказываются слишком большими, поскольку мощность динамических потерь зависит от квадрата переключаемого напряжения. Если же емкость уменьшается за счет изменения конструкции полевого транзистора (уменьшения ширины канала), то возрастает его сопротивление в замкнутом состоянии, вследствие чего основную часть потерь создает падение напряжения на замкнутом ключе, при этом суммарная мощность потерь остается практически прежней. Это же относится к транзисторам типа IGBT, напряжение насыщения которых составляет несколько вольт. Кроме этого, для упомянутых транзисторов характерна недостаточно высокая крутизна прямой передачи, из-за чего преобразователи с полевым транзистором или IGBT в качестве выходного в ключевом каскаде имеют относительно сложную структуру.

От этих недостатков свободны биполярные транзисторы, обладающие одновременно очень низким напряжением насыщения и относительно малой выходной емкостью, а их высокая крутизна позволяет создавать преобразователи на единственном транзисторе. Кроме этого, при использовании индуктивных цепей управления потери мощности в этих цепях могут быть соизмеримы с потерями на управление полевых транзисторов. Однако у биполярных транзисторов существует недостаток, связанный с медленным переключением из насыщенного режима и большой вследствие этого рассеиваемой на транзисторе мощностью, наличие которого сводит на нет все имеющиеся преимущества.

Известно [1], что для устранения этого недостатка при выключении насыщенного биполярного ключевого транзистора следует смещать его базу в область отрицательных напряжений с помощью достаточно мощного драйвера, что существенно повышает быстродействие транзистора, при этом считается, что выделяемая на нем мощность становится минимально возможной. С многоэтажными драйверами, предназначенными для реализации такого способа, можно ознакомиться, например, в [2, 3]. Однако проведенные исследования показали, что такой способ выключения ключевых транзисторов, находящихся в режиме насыщения, позволяет получить лишь весьма ограниченный выигрыш, как в скорости переключения, так и в рассеиваемой на транзисторе мощности. Это, вероятно, объясняется тем, что при выключении биполярного транзистора из насыщенного состояния существует избыточный заряд как в области базы, так и в коллекторной области. Причем оба заряда имеют противоположную полярность [1]. Поэтому, хотя избыточный заряд из области базы

с помощью обратного смещения удаляется достаточно эффективно, что увеличивает скорость переключения, одновременно удалить коллекторный заряд, имеющий другую полярность, с помощью такого способа невозможно. Поэтому этот заряд нейтрализуется во время переключения и полностью или частично преобразуется в мощность потерь, проявляющуюся в виде нагрева ключевого транзистора.

Другим известным способом увеличения быстродействия биполярных ключевых транзисторов является использование диодов Шоттки, включаемых между коллектором и базой ключевого транзистора [1]. При использовании такого решения транзистор вообще не входит в режим насыщения, поэтому переключение осуществляется из ненасыщенного режима, что значительно увеличивает быстродействие биполярных транзисторов. Однако такой прием в конвертерах с высоким входным напряжением неприменим по нескольким причинам. Во-первых, не существует диодов Шоттки с достаточно малым прямым падением при допустимом обратном напряжении 500 В и более. Во-вторых, мощность, выделяемая на ключевом транзисторе в случае использования диода Шоттки, оказывается относительно большой, поскольку в течение всего времени замкнутого состояния ключевого транзистора напряжение коллектор-эмиттер должно поддерживаться на уровне выше 0.5 В, и даже при этом никогда нет гарантии, что транзистор уже не насыщен. И, наконец, при использовании диода Шоттки для поддержания ненасыщенного состояния ключевого транзистора возрастает влияние эффекта Миллера, поскольку емкость диода добавляется к собственной емкости коллектор-база ключевого транзистора. Поэтому такой способ на практике в конвертерах напряжения не применяется.

Известен также способ увеличения быстродействия ключевых транзисторов, конкретная схемная реализация которого предложена в [4]. В соответствии с этим способом выключение ключевого транзистора производится замыканием его базо-эмиттерного перехода в момент, когда напряжение между коллектором и эмиттером в результате увеличения коллекторного тока начинает быстро нарастать, что соответствует моменту выхода транзистора из состояния насыщения. Использование этого способа позволило существенно улучшить скоростные показате-

ли биполярных транзисторов и сделать их не только конкурентоспособными по сравнению с полевыми транзисторами при большой величине коммутируемого напряжения (300 и более вольт), но даже позволило в таких условиях обеспечить меньшее тепловыделение биполярного ключевого каскада по сравнению с выполненными на полевых транзисторах. Однако и в этом случае скорость переключения не превышает 70-120 нс, хотя тепловыделение существенно уменьшается по сравнению с рассмотренным выше первым способом вследствие выключения транзистора из ненасыщенного состояния, когда избыточный заряд в коллекторной области отсутствует, а по сравнению со вторым, когда транзистор не вводится в режим насыщения (например, с помощью диода Шоттки) – поскольку при использовании способа, предложенного в [4], ненасыщенное состояние устанавливается только непосредственно перед переключением, а все остальное время транзистор удерживается в состоянии глубокого насыщения при напряжении на коллекторе не выше 0.1 – 0.3 В. Кроме того, в этом варианте полностью устраняется эффект Миллера.

Однако, несмотря на то, что данный способ позволяет получить существенный выигрыш в мощности, рассеиваемой на ключевом транзисторе, тем не менее, скоростные характеристики биполярных транзисторов при его использовании оказываются все же не предельными, а мощность потерь не минимальной, что установлено в результате экс-

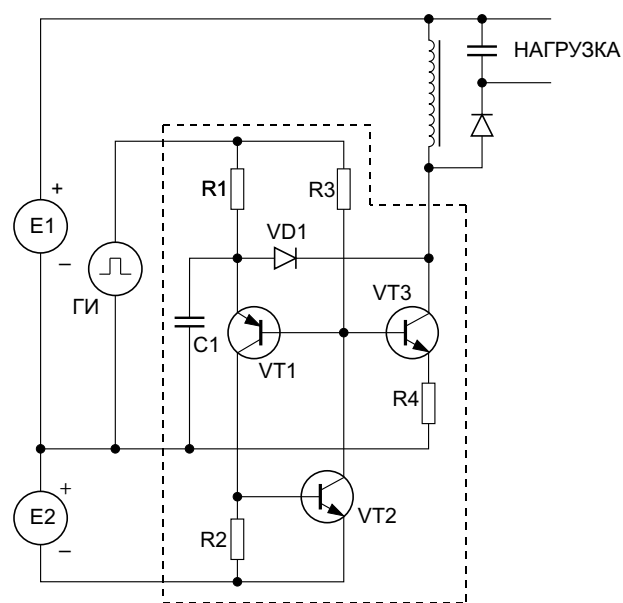


Рисунок 1.

периментальных исследований. Эти же исследования позволили таким образом изменить структуру биполярного ключевого каскада, что его параметры, по всей видимости, приблизились к физически достижимому пределу.

Принципиальная схема биполярного ключевого каскада, которая использовалась для испытаний, представлена на Рисунке 1.

Устройство содержит ключевой транзистор VT3, коллектор которого через индуктивную нагрузку подключен к источнику входного напряжения E1, а также управляющие транзисторы VT1, VT2. Эмиттер VT2 подключен к источнику отрицательного смещения E2. Управление работой каскада осуществляется с помощью генератора импульсов ГИ.

В результате исследований установлено, что подача отрицательного смещения на базу ненасыщенного транзистора также полезна для увеличения скорости переключения, как и при выходе из насыщения. Следовательно, используя такой прием можно дополнительно улучшить характеристики устройства, предложенного в [4], поскольку в этом устройстве переключение производится из ненасыщенного режима, однако база ключевого транзистора перед переключением замыкается на общую шину, что не позволяет удалить избыточный заряд из базовой области с достаточной скоростью. Поэтому способ выключения биполярного ключевого транзистора, реализованный в изображенном на Рисунке 1 устройстве, заключается в том, что вначале обеспечивается контролируемый вывод ключевого транзистора из насыщения, аналогично [4], после чего базовый электрод уже ненасыщенного транзистора смещается большим током в область отрицательных напряжений.

При таком способе выключения избыточный заряд в коллекторе отсутствует, поскольку к моменту подачи отрицательного смещения на базу транзистор уже не насыщен, а поскольку базовый переход смещается большим током в обратном направлении, быстро ликвидируется заряд в базовой области. Причем если эта ликвидация произведена быстрее, чем значительно увеличится напряжение на коллекторе, активная мощность, выделяемая на ключевом транзисторе при выключении, может теоретически стать равной нулю (без учета динамических потерь).

Соответственно, рабочий цикл биполярного ключевого каскада выглядит следующим образом. Сначала с помощью генератора импульсов ГИ через резистор R3 обеспечивается достаточный ток базы для глубокого насыщения ключевого транзистора VT3. Затем, вследствие увеличения коллекторного тока, обусловленного индуктивной нагрузкой, обеспечивается выход из насыщенного состояния, контролируемый по величине напряжения на коллекторе этого транзистора с помощью диода VD1. Момент выхода из насыщенного состояния можно регулировать, изменяя ток базы. И, наконец, когда установлено, что VT3 вышел из состояния насыщения и напряжение на его коллекторе сравнялось с напряжением на базе или превысило его, обеспечивается ликвидация базового заряда путем обратного смещения перехода база-эмиттер этого транзистора. Причем в устройстве обеспечивается максимально возможная скорость удаления этого заряда за счет максимально возможного разрядного тока. Кстати, в литературе нет единого мнения по вопросу величины этого тока. Некоторые источники предлагают использовать удвоенную величину разрядного тока базы по сравнению с базовым током насыщения, другие – половину максимального тока коллектора. К сожалению, и те, и другие рекомендации ничем не обоснованы.

В описываемом устройстве величина тока со стороны коллектора транзистора VT2 не ограничивается, при этом величина разрядного тока достигает максимально возможного значения, равного коллекторному току ключевого транзистора VT3 в момент разряда. Необходимость именно такого подхода объясняется тем, что разряд базовой емкости ключевого транзистора необходимо осуществить с максимально возможной скоростью, чтобы остаточный заряд в базе к началу возрастания напряжения на коллекторе имел минимальную величину. А этого можно добиться только за счет увеличения разрядного тока, который не может превысить величину коллекторного тока в момент переключения. Здесь следует отметить, что по результатам экспериментов ток разряда может ограничиваться объемным сопротивлением базы ключевого транзистора, поэтому для обеспечения максимального эффекта напряжение обратного смещения E2 следует увеличивать при увеличении максимального коллекторного тока ключевого транзистора.

Рассмотрим подробно механизм работы ключевого каскада по представленной на Рисунке 1 упрощенной принципиальной схеме.

Одновременно с положительным фронтом импульса на выходе источника импульсов ГИ через оба резистора R1, R3 появляются токи, один из которых втекает в базу ключевого транзистора VT3, а второй – в эмиттер р-п-р транзистора VT1. Однако в базу транзистора VT2 этот ток не поступает, поскольку между эмиттером VT1 и общей шиной включен конденсатор C1. Поэтому ток базы ключевого транзистора VT3 не шунтируется транзистором VT2, вследствие чего ключевой транзистор насыщается.

В результате насыщения напряжение на коллекторе ключевого транзистора становится близким к нулю, вследствие чего открывается диод VD1, который отводит ток через резистор R1 на коллектор насыщенного ключевого транзистора. Соответственно, транзистор VT2 остается выключенным в течение всего времени, пока ключевой транзистор VT3 насыщен.

С течением времени коллекторный ток ключевого транзистора, обусловленный индуктивным характером нагрузки, линейно возрастает. При этом коэффициент его усиления по току нелинейно уменьшается. Вследствие этого через некоторое время ток базы VT3 становится недостаточным для удержания его в насыщении, и напряжение на его коллекторе начинает увеличиваться, что соответствует моменту выхода из насыщенного состояния и ликвидации избыточного заряда в коллекторной области. Как только это происходит, диод VD1 начинает запирается и ток через резистор R1 и промежуток эмит-

тер-коллектор VT1 начинает поступать в базу транзистора VT2. Транзистор VT2 открывается и замыкает базу ключевого транзистора VT3 на шину отрицательного источника E2. Однако без конденсатора C1 этот процесс был бы относительно медленным, поскольку совокупность транзисторов VT2 и VT1 с резистором R1 в цепи эмиттера практически эквивалентна линейному усилителю. Поэтому существенную роль в увеличении скорости переключения транзистора VT2 играет конденсатор C1. При наличии этого конденсатора эмиттер транзистора VT1 в момент переключения оказывается подключенным к источнику напряжения, который образован заряженным конденсатором C1. Вследствие этого транзисторы VT1, VT2 оказываются охваченными положительной обратной связью, образуя эквивалент тиристора, выходной ток которого может многократно превышать ток разряда конденсатора C1, причем выход этого тиристора подключен к базе ключевого транзистора VT3. Вследствие такого включения заряд, образованный током базы этого транзистора, удаляется с настолько высокой скоростью, что практически перестает влиять на его переключение. В результате скорость переключения индуктивной нагрузки определяется практически только паразитными емкостями, а мощность, рассеиваемая на ключевом транзисторе, определяется в основном только динамическими потерями и падением напряжения в режиме насыщения. Следует отметить, что для эффективной работы VT2 должен иметь допустимое значение импульсного тока коллектора не меньшее, чем максимальное значение тока через эмиттер ключевого транзистора VT3. На Рисунках 2 а, б представлены

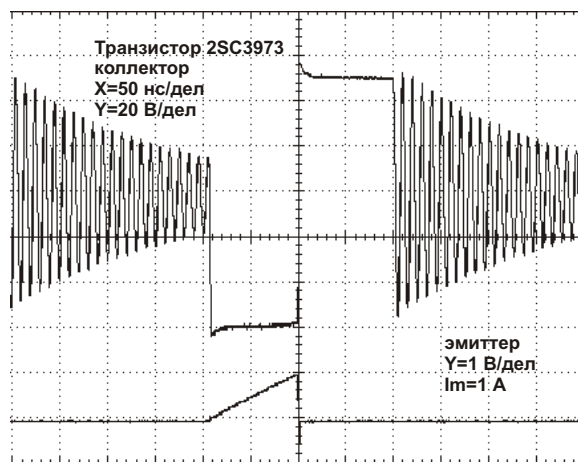
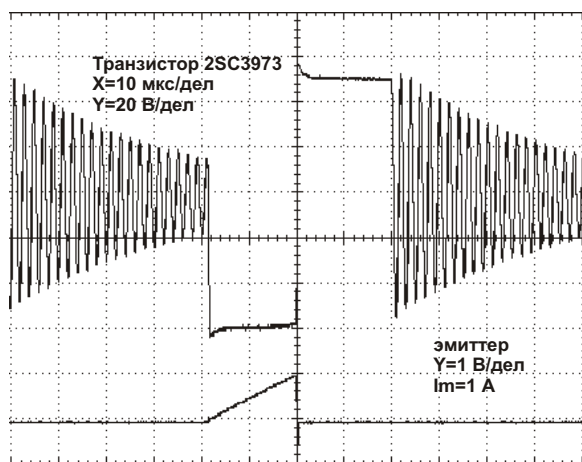


Рисунок 2.

осциллограммы напряжений на коллекторе и эмиттере ключевого транзистора типа 2SC3973, используемого в экспериментах в качестве VT3.

При описании работы устройства предполагалось, что импульсы источника управления ГИ имеют большую длительность, чем длительность удержания низкого уровня на коллекторе ключевого транзистора VT3, т. к. устройство самостоятельно выходит из включенного состояния. Кроме этого, напряжение на выходе генератора импульсов ГИ обязательно должно быть двухполярным. Это необходимо для выключения тиристора, образованного транзисторами VT1 и VT2. При использовании представляемого ключевого каскада в составе автоколебательного конвертера с трансформаторной нагрузкой все перечисленные условия выполняются автоматически.

Данный пример показывает, что использование биполярных транзисторов позволяет создавать существенно более простые и более эффективные импульсные преобразователи напряжения, по сравнению с выполненными на полевых транзисторах или IGBT.

В заключение следует отметить, что увеличение скорости переключения зафиксировано при использовании в качестве ключевого относительно высокочастотного транзистора, каким является, например, 2SC3973. При его замене на более низкочастотный транзистор типа MJE18004 скорость переключения изменяется слабо (длительность фронта составляет примерно 90 нс). Тем не менее, рассеиваемая на транзисторе мощность, определяемая по температуре корпуса, при подаче отрицательного смещения уменьшается примерно вдвое. **РЛ**

Ссылки

1. С. Соклоф. «Аналоговые интегральные схемы». М. «Мир». 1988 г., с. 490-506.
2. Motorola. Semiconductor technical data. MJE18004 – MJF18004, p. 7.
3. Motorola. Semiconductor technical data. MJE13002, p. 4.
4. Патент РФ № 2479101.



В редакцию РадиЛоцман пришло письмо следующего содержания:

Уважаемый редактор! Во второй части статьи «Подавление низкочастотных помех в системах автоматического управления» (РадиоЛоцман, 05–2013, с. 30) допущена досадная ошибка. На Рисунке 10 изображена принципиальная схема режекторного фильтра, которая фактически является широко известной схемой полосового фильтра второго порядка (ПФ2). В литературе по активным фильтрам этот ПФ2 обычно называют либо схемой с многопетлевой обратной связью (MFB BP2), либо схемой Рауха, либо схемой Дильяниса. Передаточная функция ПФ2 (Рисунок 10), в случае его реализации на идеальном ОУ, имеет следующий вид:

$$T(S) = H \frac{\frac{P}{Q} S}{S^2 + \frac{P}{Q} S + \frac{2}{P}} \quad (1)$$

Коэффициенты, входящие в выражение (1), имеют следующий физический смысл.

Коэффициент передачи ПФ2 на центральной частоте полосы пропускания:

$$H = 0.5 \frac{R_3}{R_1}$$

Круговая частота пары полюсов передачи ПФ2, численно равная центральной частоте полосы пропускания ПФ2:

$$\omega_p = 2 \pi F_p = \frac{1}{C_0 \sqrt{R_{12} R_3}}$$

Добротность ПФ2:

$$Q = 0.5 \sqrt{\frac{R_3}{R_1}}$$

В двух последних формулах обозначено:

$$R_{12} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Следует заметить, что на базе рассмотренного ПФ2 может быть реализован и режекторный фильтр второго порядка (РФ2). Идея преобразования ПФ2 в РФ2 достаточно очевидна: необходимо просуммировать (алгебраически) входной и выходной сигналы ПФ2 с такими весами, при которых полученная сумма на частоте ω_p равна нулю. Для трансформации ПФ2 (Рисунок 10) в РФ2 достаточно на неинвертирующий вход ОУ А1 подать входной сигнал фильтра через резистивный делитель напряжения, коэффициент передачи K_D которого равен:

$$K_D = \frac{H}{1 + H \frac{R_1}{R_2}}$$

На Рисунке 1 изображена схема тестирования в среде САПР OrCAD фильтра, кото-

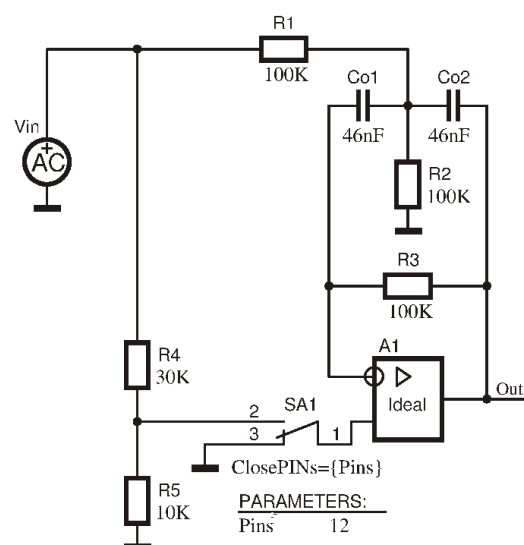


Рисунок 1. Схема тестирования ПФ2/РФ2.

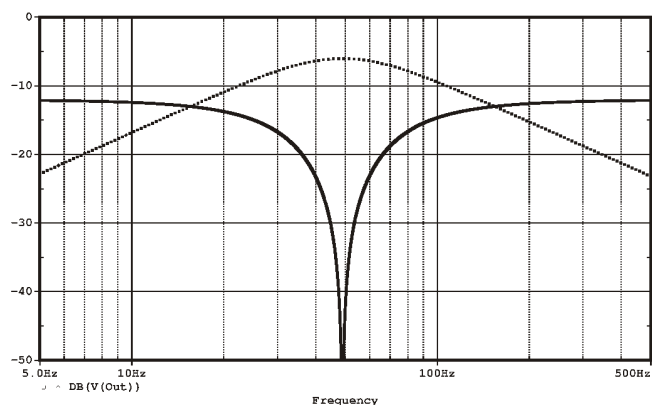


Рисунок 2. ЛАЧХ, дБ, ПФ2 (точечная линия) и РФ2 (сплошная линия).

рый при установке тумблера SA1 в одно положение (замкнуты контакты 3 и 1) явля-

ется ПФ2, а при установке тумблера в другое положение (замкнуты контакты 2 и 1) – РФ2.

Семейство ЛАЧХ, полученное в результате двухвариантного анализа фильтра (при установке тумблера SA1 в различные положения), изображено на Рисунке 2.

Рассмотренный фильтр имеет следующую важную особенность: изменяя сопротивление резистора R2 можно в достаточно широких пределах изменять центральную частоту полосы задерживания РФ2 (центральную частоту полосы пропускания ПФ2) при неизменных величинах Н и полосы задерживания (пропускания) на уровне среза минус 3.0102 дБ.

С уважением, Сергей Лозицкий

Ниже мы публикуем ответ автора:

«Редакция журнала РадиоЛоцман передала мне Ваше письмо. Мне хотелось бы поблагодарить Вас за проявленное внимание к материалу и извиниться за допущенную ошибку. В работе, которая была описана в данной статье, акцент ставился на цифровую реализацию, и вопрос аналогового

исполнения был освещен лишь поверхностно и ограничен обзором соответствующей литературы. В правоте Ваших замечаний я убедился, проведя экспериментальное исследование. Хочу еще раз поблагодарить Вас за проявленное внимание и верные замечания».

С уважением, Михаил Русских

Эффективный двуполярный преобразователь напряжения шины USB

RO Ocaуa

EDN

Конструируя маломощную схему, получающую питание от USB и требующую напряжения отличного от 5 В, вы должны решить для себя, воспользоваться ли отдельной батареей, или небольшим сетевым адаптером. Проблема становится еще неприятнее, если необходимо двуполярное напряжение, превышающие 5 В, что типично, например, для схем с операционными усилителями.

Стандартом USB 2 сформулированы требования в отношении уровней мощности, потребляемой подключаемыми устройствами. Устройство, потребляющее ток до 100 мА, считается маломощным, а свыше 100 мА до 500 мА – мощным. Поводом для создания описываемой здесь схемы стала работа над термолюминесцентным детектором, в котором микроконтроллер, контроллер интерфейса USB и десять операционных усилителей должны были получать питание от порта USB в качестве маломощных потребителей. Характер схемы предъявлял к источнику питания исключительно высокие требования в отношении уровней шумов и

паразитных радиочастотных излучений. Сборке и настройке схемы предшествовал этап моделирования, некоторые результаты которого будут представлены ниже. Привлекательность этой схемы определяется использованием широко распространенных компонентов и отличной повторяемостью характеристик, что делает ее исключительно дешевой.

Схема основана на обратном преобразователе с небольшим трансформатором (Рисунок 1), работающим на частоте от 115 до 300 кГц. Самовозбуждающийся генератор широтно-модулированных импульсов сделан на микросхеме таймера 555. Высокая рабочая частота позволяет сделать компактную схему при относительно большой выходной мощности и хорошем качестве регулирования, а также упростить фильтрацию коммутационных помех.

В реальной схеме в качестве ключа используется MOSFET. Диод на Рисунке 1 смещен в прямом направлении положительным напряжением V_{OUT} . Поменяв полярность включения диода и обмотки трансформатора, можно получить на выходе отрицательное напряжение. В работе схемы можно выделить три фазы. В первой фазе ключ закрыт, и энергия запасается в магнитном поле за счет тока, протекающего через первичную обмотку трансформатора. В это время диод закрыт, и во вторичной обмотке ток не течет.

Во второй фазе ключ размыкается, диод смещается в прямом направлении, и энергия магнитного поля переносится в конденсатор C . В третьей фазе накопление энергии завершается, и весь остаточный заряд емкости сток-исток ключа полностью стекает. Затем циклы повторяются.

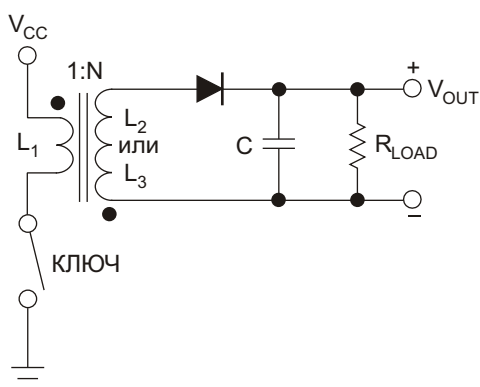


Рисунок 1. Эта упрощенная схема обратного преобразователя при разомкнутом ключе перекачивает запасенную магнитную энергию в конденсатор фильтра C .

Чтобы лучше объяснить работу схемы, проще всего предположить, что в момент, непосредственно предшествующий времени $t = 0$, конденсатор фильтра уже заряжен до номинального выходного напряжения, а ток в первичной обмотке равен нулю. При $t = 0$ ключ закрывается, и в первичной обмотке появляется ток, индуцирующий на вторичной обмотке напряжение, полярность которого показана на схеме. Поскольку диод смещен в обратном направлении, цепь вторичной обмотки разомкнута, и какой-либо ток в ней отсутствует. При этом вход трансформатора ведет себя, как простая индуктивность. В результате ток первичной обмотки нарастает линейно, подчиняясь выражению

$$I = \frac{V_{CC}}{L_1} t.$$

На отрезке времени, когда ключ закрыт, напряжение, создаваемое на вторичных обмотках, равно nV_{CC} . Это означает, что диод должен выбираться из расчета минимального обратного напряжения $nV_{CC} + V_{OUT}$. В следующий момент ключ размыкается. В практической схеме это соответствует выключению MOSFET. Предположим, что ток первичной обмотки в это момент равен I_{PK} . Тогда магнитная энергия, запасенная в индуктивности, будет равна

$$E = \frac{1}{2} I_{PK}^2 L_1.$$

Из-за индуктивной связи при разомкнутой первичной обмотке накопленное в ней, но спадающее магнитное поле индуцирует на вторичной стороне напряжение, достаточно большое ($>V_{OUT}$) для открывания диода. Начальное значение тока будет определяться выражением

$$I^2 = \frac{I_{PK}}{n}.$$

В то время, когда диод открыт, напряжение на вторичных обмотках будет равно $V_{OUT} + 0.7$, что можно рассматривать, как трансформацию напряжения первичной обмотки до уровня V_{OUT}/n . Поэтому разомкнутый ключ должен выдерживать напряжение, равное, как минимум

$$V_{REVERSE} = V_{CC} \frac{V_{CC}}{n}.$$

Последнее выражение наглядно показывает, что при сопоставимых напряжениях на входе и выходе основным преимуществом обратного преобразователя перед повышающим является более низкое напряжение, на которое должен быть рассчитан разомкнутый ключ. По сути, при закрытом ключе напряжение трансформируется в пониженное, а его уровень определяется соотношением число витков обмоток трансформатора. Это позволяет использовать намного более низковольтные MOSFET. Кроме того, если в обычном повышающем преобразова-

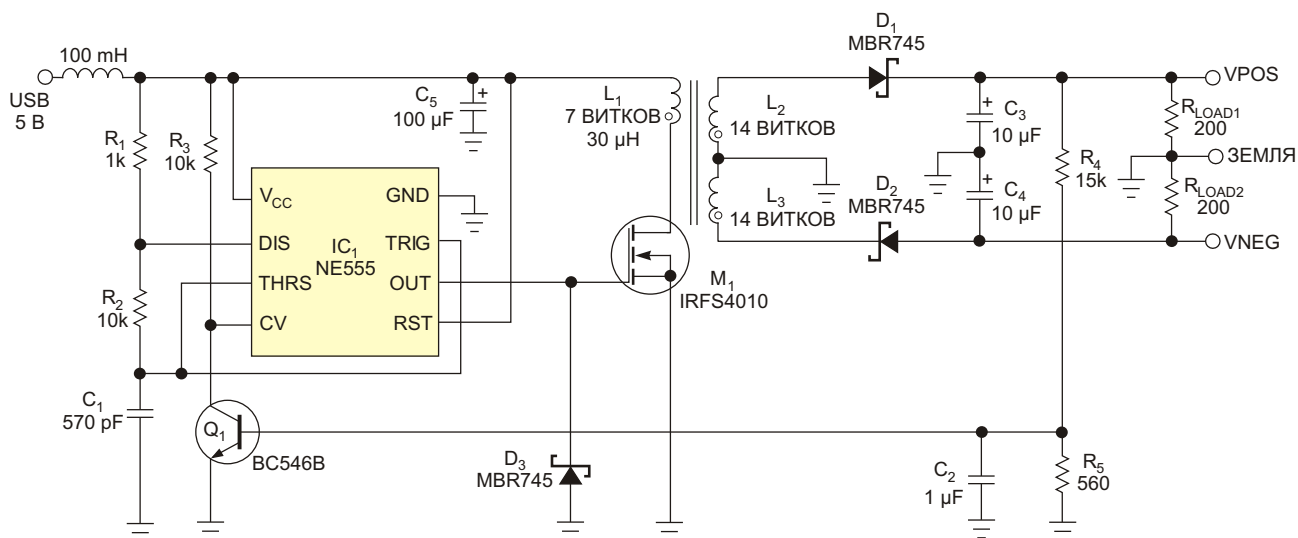


Рисунок 2. Полная схема, в которой вы сможете использовать самые разнообразные транзисторы и диоды Шоттки.

теле диод должен выдерживать как большой прямой ток, так и высокое обратное напряжение, то в обратномходовом преобразователе режим работы диода вторичной стороны намного легче, так как его ток мал (I_{PK}/n). Емкость такого диода будет меньше, что позволит увеличить рабочую частоту преобразователя, сократить потери энергии и повысить эффективность.

Хотя это и выходит за рамки текущего обсуждения, приведем формулу, которая позволит вам рассчитать выходное напряжение, приравняв количество входной энергии в L_1 к энергии, переданной в нагрузку R_{LOAD} . В установившемся режиме выходное напряжение зависит от коэффициента заполнения D и частоты переключения F ключа и равно

$$V_{OUT} = V_{CC} \sqrt{\frac{R_{LOAD}}{2L_1 F}} D.$$

На Рисунке 2 приведена практическая схема, в которой всем элементам изображенной на Рисунке 1 базовой схемы обратногоходового преобразователя присвоены конкретные наименования и номиналы. Однако в схему внесено множество усовершенствований,

позволивших улучшить характеристики устройства и повысить стабильность его работы. Например, два выходных диода включены таким образом, чтобы получить двуполярное выходное напряжение. Кроме того, напряжение обратной связи берется с подключенного к положительной шине делителя R_4 , R_5 и сглаживается конденсатором C_2 . В обычном автоколебательном режиме работы таймера 555 параметры его выходных импульсов определяются временем заряда конденсатора (C_1) через сумму сопротивлений R_1 и R_2 и разряда через R_2 . При использованных в схеме номиналах резисторов ($R_2 \gg R_1$) коэффициент заполнения импульсов будет близок к 50%. Пороги напряжений, определяющие моменты начала заряда и разряда конденсатора, внутренне установлены на уровнях $V_{CC}/3$ и $2V_{CC}/3$ (1.67 В и 3.33В, соответственно, при напряжении питания 5 В). В отсутствие обратной связи компонентами с показанными на Рисунке 2 номиналами задается выходное напряжение, равно примерно 20 В.

Обратная связь работает следующим образом. Транзистор Q_1 не проводит ток до

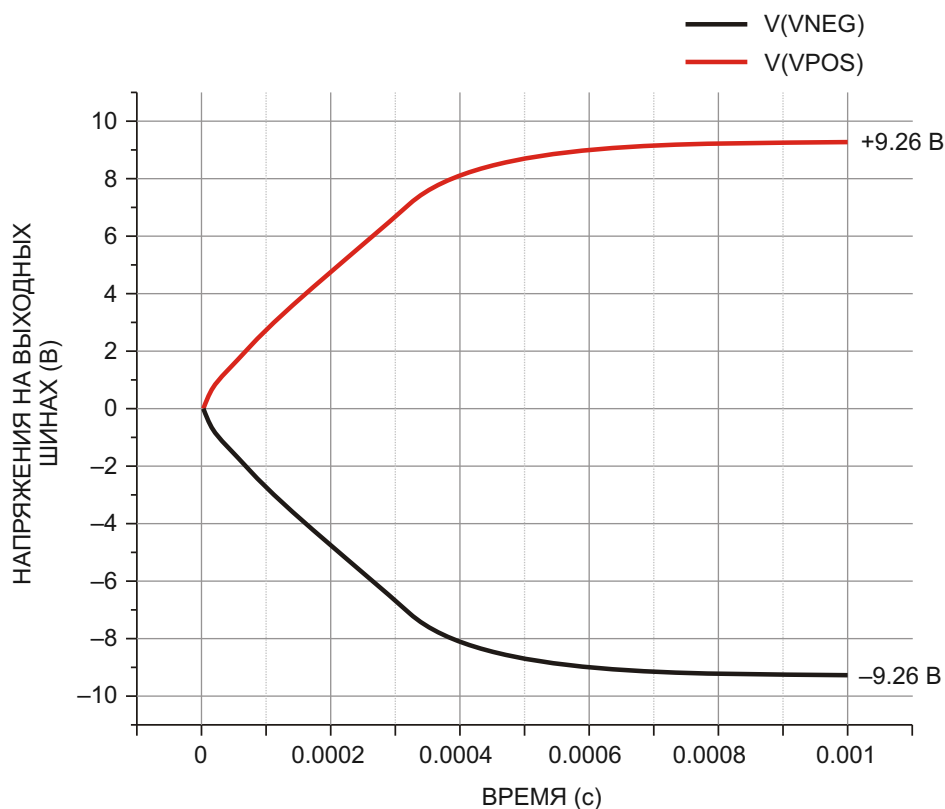


Рисунок 3. При нагрузках по 200 Ом в каждом канале выходное напряжение устанавливается через 0.8 мс после включения схемы.

тех пор, пока напряжение на его базе (V_{BE}) находится около уровня 0.55 В. Для рассматриваемого отрезка времени выходное напряжение может быть рассчитано по формуле

$$V_{OUT} = 1 + \frac{R_4}{R_5} V_{BE}.$$

По мере того, как выходное напряжение продолжает увеличиваться под действием обратной связи, Q_1 начинает открываться, а его коллекторное напряжение падать. Поскольку коллектор подключен к тому управляющему входу таймера 555, который в стандартном включении задает верхний порог переключения, равный $2V_{CC}/3$, конденсатор начинает заряжаться и разряжаться с прежней скоростью, но в суженном диапазоне напряжений. Следствием этого является сокращение длительности отрицательного и положительного полупериодов выходного сигнала, управляющего ключом на MOSFET. Изменение, как частоты, так и коэффициента

заполнения вызывает падение V_{OUT} и, в конечном счете, уменьшение напряжения обратной связи, приводя к сокращению времени включенного состояния Q_1 .

Теперь остановимся подробнее на трансформаторе обратного преобразователя – элементе схемы, требующем особого внимания. В процессе разработки конструкции было изготовлено несколько самодельных трансформаторов, с которыми преобразователь работал достаточно неплохо. Использовались сердечники от фильтров подавления ЭМИ, встраиваемых в сетевые провода импульсных источников питания и телевизионных приемников. Для снижения последовательного сопротивления первичная обмотка наматывалась в несколько проводов. Например, при плотной намотке семи витков четырех изолированных медных проводов диаметром 0.3 мм индуктивность первичной обмотки получалась равной 30 мкГн, а измеренное сопротивление не превышало 0.03 Ом. При более низком сопротивлении обмотки уменьшаются тепловые потери и

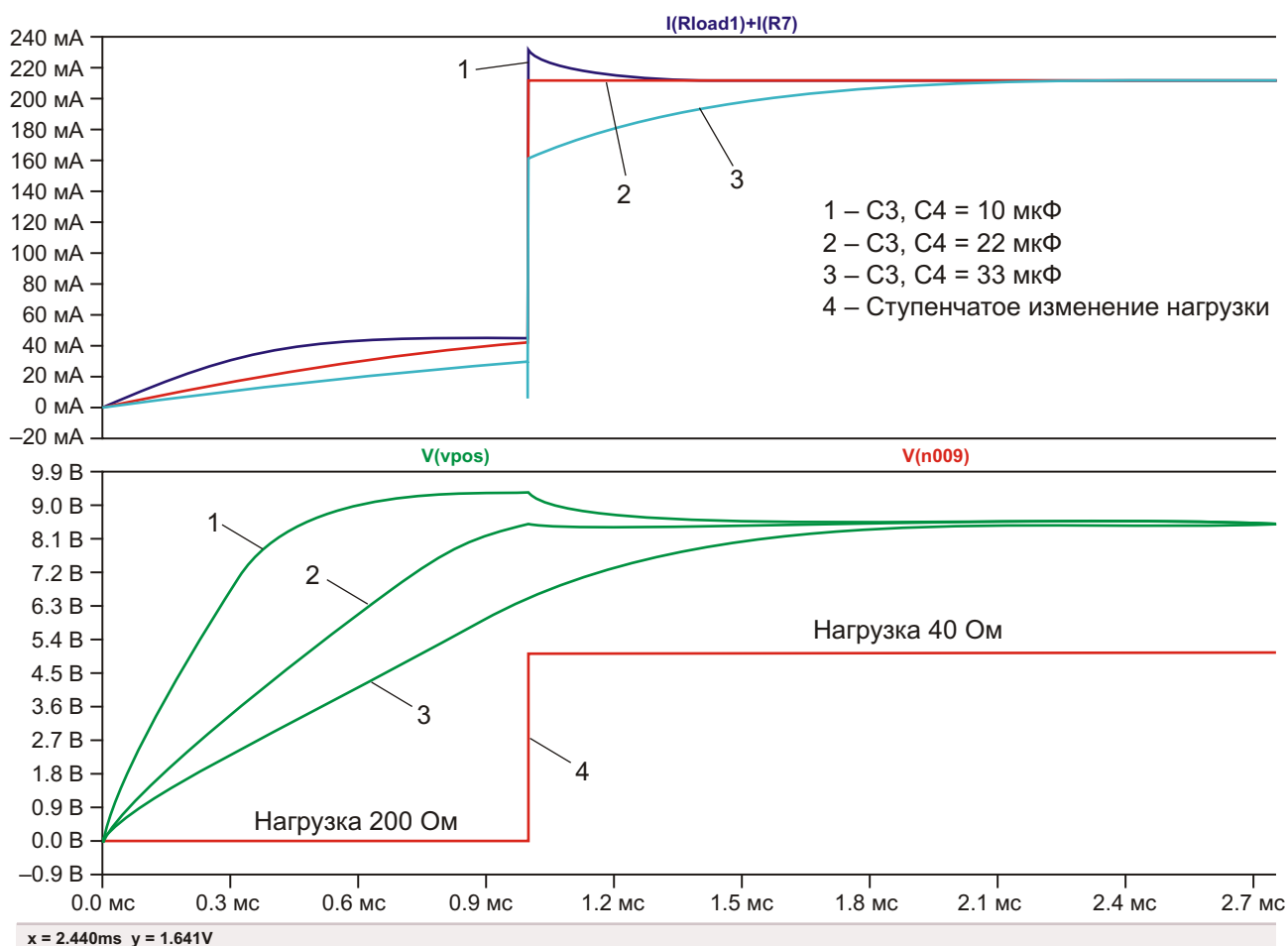


Рисунок 4. Отклик схемы на ступенчатое изменение нагрузки через 10 мс после включения.

повышается КПД преобразователя. Подходящей и доступной промышленной заменой сердечнику и катушке может быть изготавливаемый Epcos комплект ETD 49/25/16.

Весьма заметно влияют на качество преобразователя и характеристики используемых диодов Шоттки. В качестве D1 и D2 необходимо выбирать приборы с большим допустимым током, высокой скоростью переключения и низким прямым падением напряжения. Дополнительный диод, установленный в обратном включении на затворе MOSFET, служит для подавления излучаемых радиопомех. Дроссель 100 мГн на входе 5V USB предназначен для снижения коммутационных помех.

Для моделирования нашей схемы порт USB был представлен источником напряжения 5 В с внутренним сопротивлением 10 Ом

и максимальным выходным током 500 мА. Развязывающий конденсатор C5 емкостью 100 мкФ служит для защиты шин питания от помех переключения. Измеренный выходной КПД составил 72% с нагрузкой 50 Ом, при этом напряжение падало до ± 7.6 В. Также успешно прошла проверка возможности подключения к выходу линейного стабилизатора 78L05 для получения других напряжений. Функциональность схемы можно расширить программным коммутатором режимов «останов/работа», для чего потребуется отдельный активный транзистор, включающий и выключающий таймер 555.

На Рисунке 3 показаны переходные характеристики преобразователя при включении питания. Рисунок 4 демонстрирует красивый отклик схемы на ступенчатое изменение нагрузки через 10 мс после включения. **РЛ**

Емкостной датчик большой площади на основе управляемого экрана

Dev Gualtieri, Tikalon LLC

Electronic Design Europe

Этот недорогой емкостной датчик большой площади, способный детектировать присутствие через лист фанеры или стеновую панель, можно рассматривать как дополнение к повсеместно используемым сенсорным экранам.

Емкостные датчики широко распространены в современной бытовой электронике, значительная часть которой оснащена сенсорными экранами. Подавляющая часть управляющих схем для таких приложений разработана в расчете на конструкции с конденсаторами небольшой площади, управляемые прикосновением пальца.

Предлагаемая схема разработана для сенсорных панелей большой площади, которые могут активироваться со значительных дистанций и скрытно располагаться за стена-

ми или внутри других конструкций. В схеме используется концепция «управляемого экрана», популярная на заре развития аудиотехники в период использования таких высокоимпедансных источников звука, как пьезоэлектрические микрофоны. Для подключения таких устройств требуются экранированные кабели, однако их емкость подавляет высокочастотные составляющие сигнала.

Для решения этой проблемы пришлось обратиться к основам физики конденсаторов и найти способ уменьшения емкости кабеля. Известно, что если между внешним экраном и внутренним сигнальным проводом поместить дополнительный проводник, напряжение на котором совпадает с напряжением на сигнальном проводе, емкость значительно уменьшится. Эта идея использовалась NASA

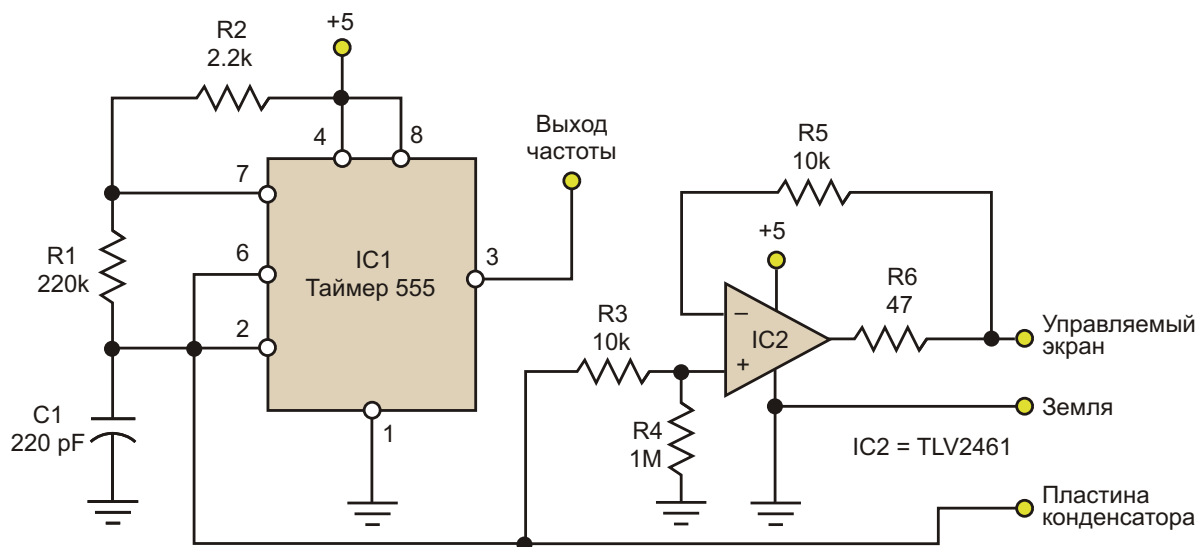


Рисунок 1. В этом емкостном датчике большой площади конденсатор C1 и любой параллельный ему конденсатор задают частоту мультивибратора на микросхеме IC1, в то время как микросхема IC2 буферизует напряжение конденсатора, управляя платой экрана. Нумерация выводов IC1 приведена для микросхем в корпусе DIP.

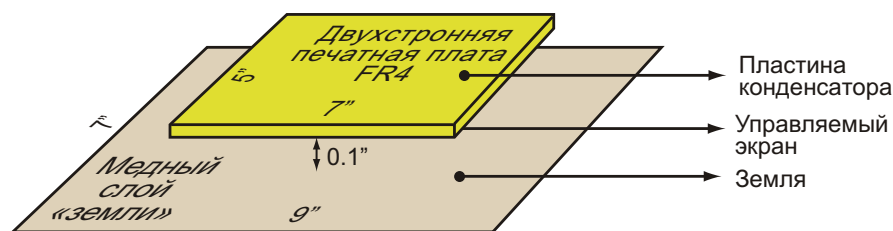


Рисунок 2. В созданном датчике одна сторона двухсторонней печатной платы используется как сигнальный слой, а вторая как управляемый экран. Полубесконечный слой земли слегка большей площади может быть сделан либо также на основе печатной платы, либо из алюминиевого листа.

еще двадцать лет назад при создании больших емкостных датчиков.

Показанная на Рисунке 1 схема выполняет основную функцию емкостного датчика, оставляя детектирование частоты внешнему микроконтроллеру. Таймер 555 (IC1) включен по схеме автоколебательного мультивибратора с минимально допустимой емкостью времязадающего конденсатора С1. При указанных на схеме номиналах компонентов частота генерации слегка превышает 10 кГц. Микросхема IC2 буферизует напряжение конденсатора С1, управляя платой экрана.

Резисторы R3 и R4 уменьшают напряжение на входе IC2 примерно на 1%. Это предотвращает генерацию, которая может возникать из-за влияния внешней емкости. R6 включен в схему в связи с тем, что не все операционные усилители способны сохранять устойчивость при работе на емкостную нагрузку. Микросхема IC2 должна иметь достаточно большое произведение коэффициента усиления на ширину полосы пропускания, позволяющее передавать сигнал без амплитудных искажений и фазовых сдвигов.

Конструкция датчика изображена на Рисунке 2. Приведены размеры, использованные в созданном автором прототипе, которые можно варьировать в довольно широких пределах. При практической реализации устройства целесообразно электрическую схему разместить на углу земляной пластины.

По отношению к величине, обратной расстоянию до руки, частота изменяется практически линейно (Рисунок 3). В проведенном

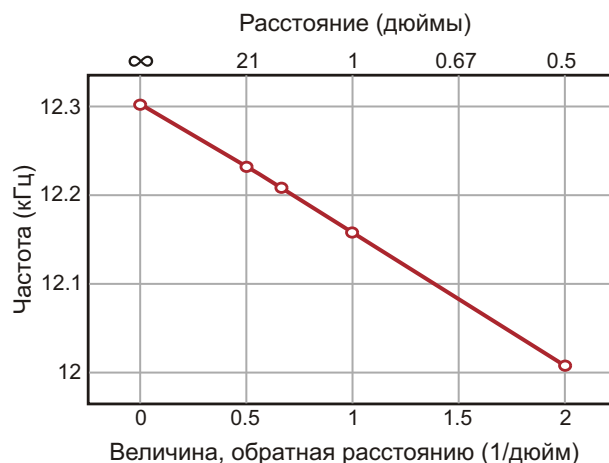


Рисунок 3. Зависимость выходной частоты схемы от расстояния между рукой и платой датчика очень близка к обратно пропорциональной.

автором эксперименте прикосновение руки снижало частоту до 10.47 кГц. Рука, отделенная от датчика листом фанеры толщиной 10 мм или гипсокартонной панелью смещала частоту на 10%. Обнаружить такое изменение частоты совсем несложно. И хотя для этих целей выпускаются специальные микросхемы частотных детекторов, проще и дешевле использовать микроконтроллер для измерения периода сигнала. **РЛ**

DC/DC преобразователь запускается от единственного фотогальванического элемента

Marian Stofka

EDN

Среди предназначенных для сбора энергии приборов своими уникальными возможностями выделяется производимая Texas Instruments микросхема bq25504. Ее характерной особенностью является сверхнизкое напряжение холодного старта. Справочные данные гарантируют, что устройство может запускаться при напряжении питания 450 мВ, причем типовое значение этого порога еще ниже – 330 мВ. Добавив к микросхеме индуктивность и несколько резисторов и конденсаторов, можно сделать DC/DC преобразователь с беспрецедентной эффективностью, особенно в области сверхмалых мощностей.

Технических подробностей, касающихся этой микросхемы, изготовитель не раскрывает. Возможно, что столь замечательные характеристики прибора объясняются использованием внутреннего генератора на МОП-транзисторах с субмикронной шириной канала. Как известно, чем уже канал МОП транзистора, тем ниже пороговое напряжение затвор-исток. Можно предположить, что пороговое напряжение транзисторов, из которых сформирован внутренний генератор bq25504, имеет порядок 200 мВ.

Показанная на Рисунке 1 схема несколько отличается от типовой схемы включения,

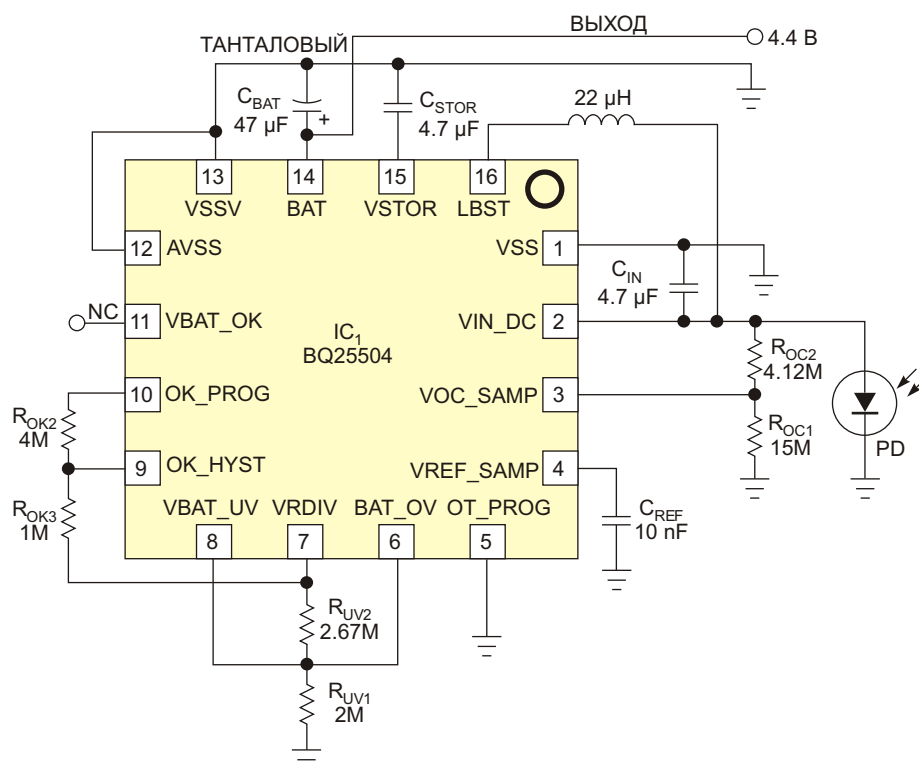


Рисунок 1. Используя равное 2/3:1 соотношение напряжений V_{BAT_UV} и V_{BAT_OV} , во многих приложениях можно сэкономить, по крайней мере, два прецизионных резистора.

приведенной в справочных данных на bq25504. Опорное напряжение V_{BAT_OV} (порог отключения при повышенном входном напряжении) внутренне умножается на $3/2$ относительно опорного напряжения V_{BAT_UV} (порог отключения при пониженном входном напряжении). Если вас устраивает ограничение напряжения батареи диапазоном от V_{BAT_UV} до $(3/2) V_{BAT_UV}$, входы V_{BAT_UV} и V_{BAT_OV} можно включить так, как показано на схеме, используя единственный резистивный делитель для двух входов, вместо отдельного делителя на каждый вход.

Это позволяет не только сэкономить на компонентах, но и, не ухудшив общей эффективности схемы, выбрать резисторы с меньшим суммарным сопротивлением $R_{UV1} + R_{UV2} = 4.67 \text{ МОм}$. В результате улучшится помехозащищенность входов V_{BAT_UV} и V_{BAT_OV} .

С помощью микросхемы bq25504 можно забирать от входного источника максимально возможную мощность. Из-за своего нелинейного характера фотогальванический элемент отдает наибольшую мощность при напряжении, составляющем примерно 80% от напряжения холостого хода. Соответствующую рабочую точку фотоэлемента PD задают резисторы R_{OC1} и R_{OC2} . Эта микросхема даже может корректировать положение рабочей точки, отслеживая медленные изменения параметров источника.

Были проведены эксперименты с использованием солнечного элемента диаметром 7.5 см, расположенного горизонтально на поверхности стола в одном метре от окна.

Несмотря на то, что за окном был солнечный день, через окно прямые солнечные лучи практически не проходили. В этих условиях измеренный ток короткого замыкания солнечного элемента равнялся 16.27 мА. Заметим, что при прямой ориентации фотоэлемента на солнце ток достигал 300 мА. При отсутствии нагрузки преобразователя выходные напряжения V_{BAT} и V_{STOR} менялось от 4.396 В до 4.404 В. Эта вариация в 0.1% может быть связана с тем, что для компенсации саморазряда конденсаторов C_{BAT} и C_{STOR} повышающий преобразователь работает в прерывистом режиме, сравнительно долгое время оставаясь в выключенном состоянии. Напряжение на выводах солнечного элемента в отсутствие нагрузки преобразователя равнялось 0.441 В.

После того, как к выходу V_{BAT} был подключен нагрузочный резистор 10 кОм, «флуктуации» V_{BAT} и V_{STOR} исчезли, и оба напряжения стали равными 4.4 В. Постоянная составляющая входного напряжения упала до 0.4073 В. Дополнительно затенив солнечный элемент металлической пластиной, я сумел получить рабочую точку, в которой выходное напряжение по-прежнему равнялось 4.4 В, в то время, как среднее значение напряжения на контактах фотоэлемента снизилось до 0.336 В. Вероятно, в этой точке преобразователь перешел в режим непрерывной проводимости. (Отметим, что хотя в справочных данных на bq25504 V_{STOR} обозначен, как вывод для подключения нагрузки, в нашем случае в качестве выхода используется V_{BAT} , поскольку даже низкое выходное напряжение зачастую лучше, чем полное отсутствие энергии). **РЛ**

Новая технология светодиодного освещения с использованием Н-моста

Subodh Johri и Prateek Johri, Индия

EDN

Н-мост является классической схемой, применяемой для управления двигателями постоянного тока. С помощью четырех дискретных, интегральных или электромеханических ключей мост позволяет изменять направление вращения двигателя или посредством ШИМ регулировать его скорость. Эта технология широко используется в робототехнике и силовой электронике. В статье предлагается новая область применения Н-моста для питания ленты белых светодиодов непосредственно от сети переменного тока в режиме двухполупериодного ограничения тока, что позволяет создать энергоэффек-

тивную твердотельную лампу, работающую без мерцания. С помощью двух электронных ключей, поочередно работающих во время положительной и отрицательной полуволны питающего напряжения, схема регулирует и поддерживает на постоянном уровне возбуждающий светодиоды ток. Такой подход облегчает управляемое током выпрямление переменного напряжения для питания последовательной цепочки светодиодов при незначительных пульсациях и существенно улучшенном коэффициенте мощности.

Из транзисторов Q_1 , Q_3 , Q_5 и диода D_4 (Рисунок 1) сформирован один, а из Q_2 , Q_4 , Q_6 и

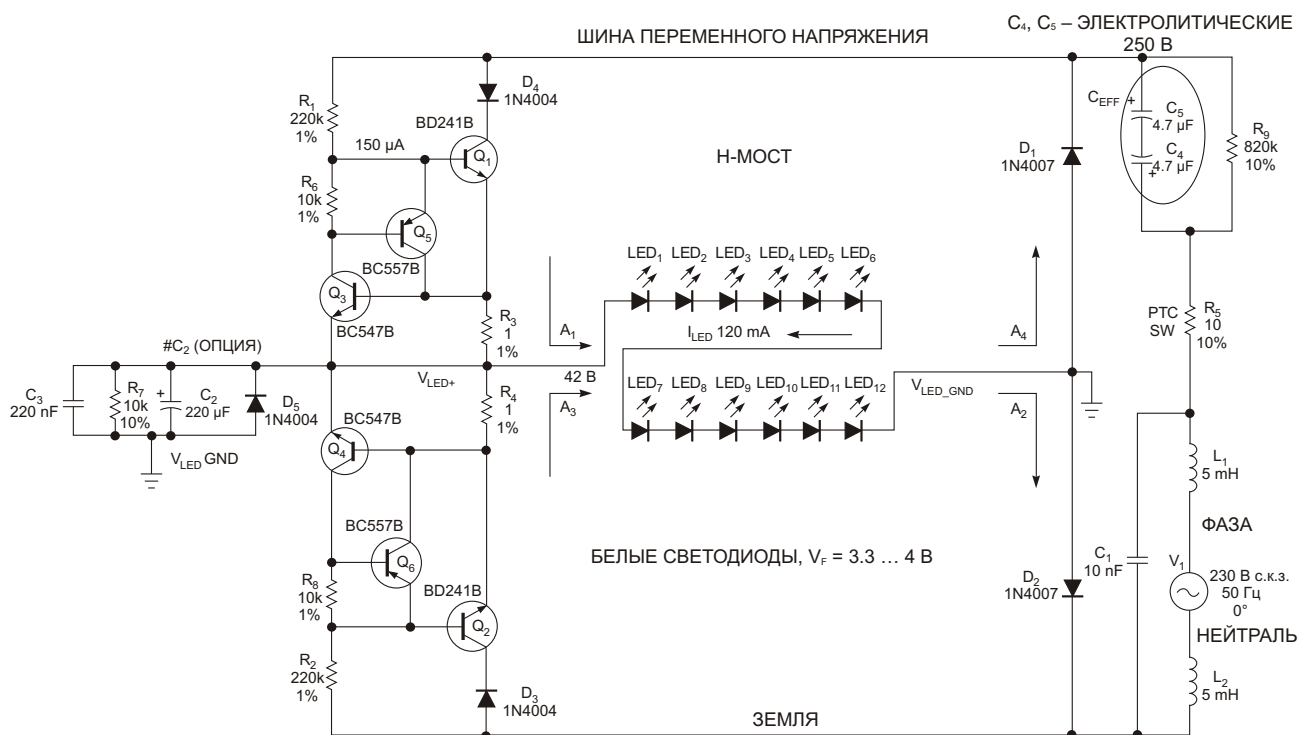


Рисунок 1. Токоограничивающие транзисторы и диоды поочередно каждый полупериод подводят питание к цепочке светодиодов.

D_3 – второй управляемый напряжением токовый ключ. Ключи образуют верхнее и нижнее плечи Н-моста. Два других плеча представлены диодами D_1 и D_2 . Светодиодная цепочка подключается к средним точкам плеч, обозначенным как V_{LED+} и V_{LED_GND} . Переменное напряжение подводится к схеме через токоограничивающий резистор R_5 с положительным температурным коэффициентом сопротивления, последовательно соединенные конденсаторы C_4 и C_5 (формирующие неполярный конденсатор C_{EFF}) и катушку L_1 . Кроме того, нейтраль сети соединена с землей схемы через катушку L_2 .

Во время положительного полупериода потенциал ШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ становится положительным относительно ЗЕМЛИ, и на базу транзистора Q_1 через резистор R_1 подается открывающее смещение. Ток течет через диод D_4 , транзистор Q_1 и резистор R_3 , как показано стрелкой A_1 , а затем через цепочку, состоящую из 12 светодиодов средней мощности ($LED_1 \dots LED_{12}$) на землю через диод D_2 в направлении стрелки A_2 . Аналогичным образом, в течение отрицательного полупериода, когда напряжение ШИНЫ относительно ЗЕМЛИ становится отрицательным, и транзистор Q_2 открывается через резистор R_2 , ток протекает через диод D_3 , транзистор Q_2 и резистор R_4 в направлении стрелки A_3 , а затем через светодиоды к ШИНЕ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ через диод D_1 , в соответствии со стрелкой A_4 . Таким образом, в течение полного цикла ток течет через светодиоды в одном и том же направлении и складывается как в двухполупериодном мостовом выпрямителе. Однако амплитуда тока I_{LED} остается постоянной, поскольку регулируется соответствующими ключами, выполняющим функции управляемых напряжением источников тока.

Поскольку переходы база эмиттер Q_3 и Q_4 связаны через токоизмерительные резисторы R_3 и R_4 , соответственно, они включаются, когда падение напряжения на R_3 и R_4 начинает превышать пороговые напряжения база эмиттер транзисторов Q_3 и Q_4 . В этот момент базы транзисторов Q_1 и Q_2 подтянуты к зем-

ле, что исключает протекание через них тока в течение соответствующих полупериодов сетевого напряжения. Таким образом, протекающий через транзисторы ток поддерживается постоянным и никогда не может выйти за пределы порогового значения, установленного резисторами R_3 и R_4 . Q_5 и Q_6 ограничивают базовые токи Q_1 и Q_2 до безопасного значения (примерно 150 мкА), предотвращая их перегрузку. Значительные доли базовых токов Q_1 и Q_2 шунтируются R_3 и R_4 посредством Q_5 и Q_6 , когда их соответствующие напряжения база-эмиттер превышают падение напряжения на R_6 и R_8 , последовательно соединенных с R_1 и R_2 , соответственно.

Амплитуда втекающего в шину переменного тока ограничена реактивным сопротивлением C_{EFF} ($1/2 f C_{EFF}$) на частоте питающей сети и может быть изменена путем соответствующего выбора емкостей C_4 и C_5 , из которых составлен неполярный конденсатор. Схема также может питаться через резистор, для чего C_{EFF} нужно заменить подходящим сопротивлением от 50 до 200 Ом с достаточной мощностью рассеивания. Это может дать превосходный коэффициент мощности, но ценою очень высоких потерь в токоограничивающем резисторе. R_3 и R_4 должны выбираться в соответствии с требуемой величиной постоянного тока. D_5 защищает светодиодную ленту от высокого обратного напряжения

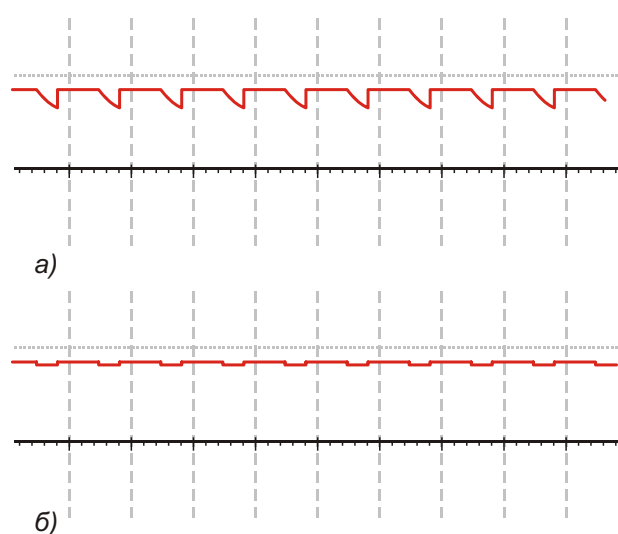


Рисунок 2. Напряжение V_{LED+} без конденсатора C_2 имеет пульсации (а), с конденсатором C_2 пульсации становятся меньше (б).

ния, а R_5 ограничивает пусковой ток при включении. Индуктивности L_1 и L_2 и конденсатор C_1 , помимо повышения коэффициента мощности способствуют минимизации электромагнитных и радиочастотных помех. Также для защиты схемы от скачков напряжения параллельно с цепью переменного тока может быть установлен металлоксидный варистор.

В представленной схеме 12 светодиодов мощностью по 0.5 Вт работают при постоянном токе 120 мА (среднеквадратичное значение 135 мА), протекающем через токоизмерительные резисторы R_3 и R_4 , сопротивление которых выбрано равным 1 Ом. Однако количество светодиодов можно увеличить до 18, пока напряжение, прикладываемое ко всей гирлянде, не станет больше, чем сумма прямых напряжений отдельных светодиодов (которое для белых светодиодов варьируется

от 3.3 до 4 В). Напряжение на цепочке является самоограничивающимся (в нашем случае приблизительно на уровне 42 В) и не требует никакого дополнительного регулирования, поскольку последовательно соединенные светодиоды ведут себя как мощные стабилитроны при работе в режиме прямого смещения. От сети переменного тока 230 В схема потребляет 11.5 Вт при коэффициенте мощности 0.93, при этом какого-либо заметного мерцания светодиодов не наблюдается. Для лучшего подавления пульсаций между V_{LED+} и V_{LED_GND} можно подключить дополнительный конденсатор C_2 емкостью 220 мкФ (Рисунке 2). Цепочку можно заменить шестью параллельно соединенными светодиодными лентами с 12–18 20-миллиамперными светодиодами высокой яркости в каждой. Транзисторы Q_1 и Q_2 во избежание теплового пробоя следует установить на теплоотводы. **РЛ**



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

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

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

приглашаем к сотрудничеству!