



РАДИОЛОЦМАН



МАРТ 2019 (94)



Стабилизатор напряжения
становится цифровым 58

Утроитель частоты
цифрового сигнала 46

36 Что случилось с компактными
люминесцентными лампами?

19 Интеллектуальный AC/DC
линейный регулятор
обеспечивает прорыв в КПД
и плотности мощности

Операционный усилитель
увеличивает разрешение
цифрового потенциометра 60



РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

www.rlocman.ru/magazine

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

РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

www.rlocman.ru/forum

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!
Приглашаем профессионалов.

РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

www.rlocman.ru/price

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

РАДИОЛОЦМАН.СОЦ.СЕТИ

Обновления в привычном формате.



vk.com/rlocman



facebook.com/rlocman



ok.ru/rlocman

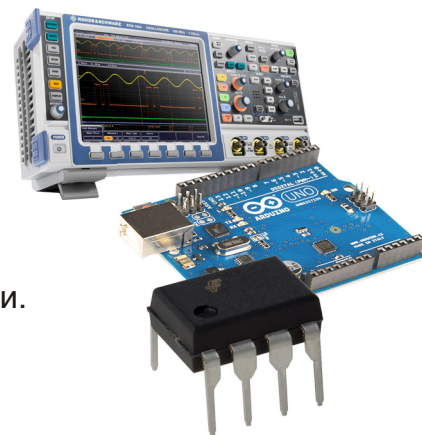


twitter.com/rlocman

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером
работали:

Д. Леканов
В. Колесник
С. Муратчаев
А. Николаев
М. Русских
А. Русу

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (903) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 Texas Instruments представила самый миниатюрный в отрасли 100-вольтовый синхронный понижающий преобразователь
- 5 Semtech расширяет семейство приборов, сертифицированных на соответствие стандарту AEC-Q100
- 6 Новые высоковольтные чип-резисторы Vishay рассеивают мощность до 1.5 Вт
- 7 Diodes начинает производство 16-разрядных расширителей ввода-вывода с интерфейсом I²C
- 7 Infineon выпускает новые устройства серии Embedded Power для автомобильных приложений
- 8 Новые интеллектуальные силовые модули Infineon сокращают время разработки
- 9 STMicroelectronics выпустила водостойкий МЭМС датчик давления для бюджетных потребительских и промышленных приложений
- 10 Elmos разработала малошумящую микросхему обработки сигналов датчиков с интерфейсом SENT
- 11 Microchip выпускает новое семейство быстродействующих АЦП последовательных приближений для тяжелых условий эксплуатации
- 12 Infineon представляет универсальный драйвер для интеллектуального светодиодного освещения
- 13 Active-Semi выпускает первую микросхему управления питанием для носимых устройств
- 14 Toshiba выпускает миниатюрные LDO стабилизаторы с самыми низкими в отрасли потерями мощности
- 15 Новое поколение контроллеров освещения STMicroelectronics стало еще экономичнее, удобнее и проще
- 16 Toshiba анонсировала семейство одноventильных логических схем с низким напряжением питания
- 17 Infineon предлагает 60-вольтовые линейные контроллеры светодиодов для систем общего освещения
- 18 Vishay предлагает новые серии симисторных оптронов
- 19 Интеллектуальный AC/DC линейный регулятор Texas Instruments обеспечивает прорыв в КПД и плотности мощности
- 21 Новые изолированные микросхемы Silicon Labs гарантируют высокую точность измерения токов и напряжений
- 23 ams представляет миниатюрный преобразователь время-цифровой код для оптических дальномеров и 3D сканеров
- 24 Vishay представляет ультраяркие светодиоды в миниатюрных корпусах со сферическими линзами
- 25 STMicroelectronics оптимизировала IGBT для бытовых приборов с мягким переключением

Статьи

- 26 Почему гальваническая развязка увеличивает размеры импульсных преобразователей электрической энергии. Часть 1
- 32 Как увеличить время автономной работы носимых устройств. Часть 2
- 36 Что случилось с компактными люминесцентными лампами?
- 39 Развитие навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. История создания ГНСС GPS и ГЛОНАСС

Схемы

- 46 Утроитель частоты цифрового сигнала
- 49 Усовершенствованный двуполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой и ультранизким уровнем пульсаций
- 56 Фантомное питание для микрофона
- 58 Стабилизатор напряжения становится цифровым
- 60 Операционный усилитель увеличивает разрешение цифрового потенциометра
- 62 Преобразователь 5 В в -48 В
- 64 Источник тока с высоким выходным сопротивлением
- 66 Автоматический выключатель цепи работает при напряжениях до 32 В
- 68 Сопротивление электронной нагрузки достигает нуля

Texas Instruments представила самый миниатюрный в отрасли 100-вольтный синхронный понижающий преобразователь

Высокоинтегрированный понижающий DC/DC регулятор с широким диапазоном входных напряжений увеличивает срок службы батарей в промышленных и автомобильных приложениях

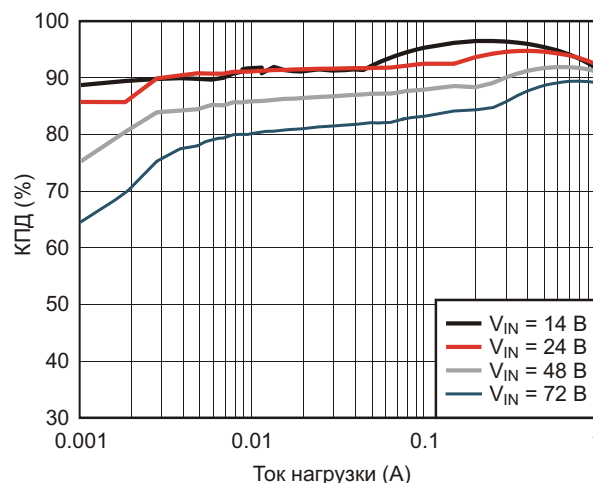
Texas Instruments (TI) представила синхронный понижающий DC/DC преобразователь с широким диапазоном входных напряжений и лучшим в отрасли сочетанием КПД при легкой нагрузке, простоты конструкции и общей стоимости решения. 100-вольтный понижающий преобразователь напряжения LM5164 с выходным током до 1 А сэкономит место на платах промышленных и автомобильных систем с батарейным питанием. При совместном использовании с WEBENCH Power Designer этот новый прибор может упростить и ускорить разработку схемы DC/DC преобразователя.



LM5164 – это простой в использовании синхронный понижающий регулятор с ультранизким током покоя и интегрированными MOSFET верхнего и нижнего плеча, в котором реализована архитектура с постоянным временем включенного состояния (constant on-time – COT). Высокоэффективный преобразователь работает при входных напряжениях от 6 В до 100 В, отдавая в нагрузку постоянный ток до 1 А. Архитектура COT не требует внешних элементов частотной коррекции, а внутренний источник смещения V_{CC} и бутстрепный диод позволяют исключить дополнительный конденсатор.

Выпускается также версия LM5164-Q1, сертифицированная для использования в схемах автомобильной электроники.

LM5164 и LM5164-Q1 расширили семейство выпускаемых TI высокоинтегрирован-



Типовая зависимость КПД от тока нагрузки при выходном напряжении 12 В.

ных DC/DC преобразователей с широким диапазоном входных напряжений, позволяющих разработчикам создавать устройства с минимальными размерами и максимальной плотностью мощности.

Ключевые особенности и преимущества LM5164

- **Сокращает требуемую площадь платы:** Корпус PowerPAD нового устройства с большой теплорассеивающей способностью имеет размеры 5 × 6 мм, что на 30% меньше, чем у конкурирующих решений. Разработчики могут использовать LM5164 для создания законченных источников питания, занимающих на печатной плате площадь 105 мм², что более чем на 10% меньше по сравнению с конкурентными предложениями.
- **Самый высокий КПД при легкой нагрузке:** LM5164 отличается очень низким собственным током потребления с типовым значением 10 мкА. В схеме, преобразующей 24 В в 5 В с выходным током 1 мА, это увеличивает КПД на 10%, позволяя батареям работать дольше, чем при использовании приборов конкурентов.

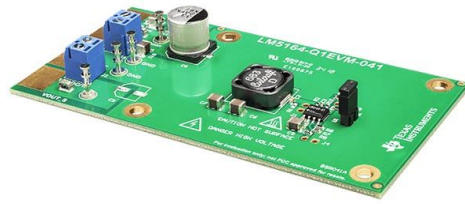
• **Простая, недорогая конструкция:**

Стандартный 8-выводной корпус SOIC, небольшое число внешних компонентов и программный комплекс WEBENCH Power Designer упрощают и удешевляют разработку.

Цены и доступность

В партиях из 1000 приборов микросхемы LM5164 и LM5164-Q1 продаются по цене \$1.53 и \$2.04 за штуку, соответственно. Приобрести их можно на складе TI и у официаль-

ных дистрибьюторов компании. Оценочный модуль LM5164-Q1EVM-041 стоит \$75.



LM5164-Q1EVM – оценочная плата синхронного понижающего преобразователя.

Semtech расширяет семейство приборов, сертифицированных на соответствие стандарту AEC-Q100

Расширенный портфель приборов охватывает ключевые интерфейсы для информационно-развлекательных систем, интерфейсов управления и современных систем помощи водителю

Semtech объявила о добавлении к своему постоянно расширяющемуся семейству приборов, сертифицированных на соответствие автомобильному стандарту AEC-Q100, сборки TVS диодов RClamp3552TQ. Новое устройство ориентировано, прежде всего, на высокоскоростные интерфейсы данных, используемые в устройствах обработки изображений современных систем помощи водителю (ADAS) для экстренного торможения и предотвращения столкновений.



«Разработчики автомобилей постоянно ищут пути улучшения характеристик важнейших подсистем безопасности в автомобиле, – сказал Тамир Решеф (Tamiir Reshef), директор по маркетингу приборов защиты компании Semtech. – Это новое устройство – RClamp3552TQ – расширяет портфель из более чем 30 устройств, которые защищают все ключевые подсистемы автомобиля, имеющие высокоскоростные интерфейсы, демонстрируя превосходную устойчивость к элект-

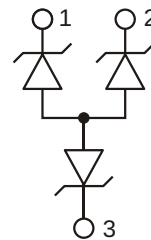


Схема TVS диода RClamp3552TQ.

тростатическим разрядам и низкое напряжение ограничения».

Основные характеристики RClamp3552TQ

- Отвечают требованиям следующих разделов стандарта IEC 61000-4:
 - IEC 61000-4-2 (Электростатические разряды):
 - ◆ ±20 кВ (Разряд через воздушный промежуток),
 - ◆ ±17 кВ (Контактный разряд);
 - IEC 61000-4-4 (Быстрые переходные процессы) 4 кВ (5/50 нс),
 - IEC 61000-4-5 (Грозовой разряд) 4 А (8/20 мкс);
- Соответствуют Уровню 1 стандарта AEC-Q100;
- Конструкция корпуса оптимизирована для высокоскоростных линий;
- Защищает до двух линий.

Доступность

Приборы RClamp3552TQ (код для заказа RClamp3552TQTNT) готовы к немедленной отгрузке в промышленных количествах. Semtech предлагает разработчикам всестороннюю поддержку, включая сервисное

обслуживание и помощь в организации производства. Найти техническую документацию и информацию о ценах, а также ознакомиться с условиями приобретения TVS диодов, оценочных наборов и единичных образцов можно на соответствующей странице веб-сайта Semtech.

Новые высоковольтные чип-резисторы Vishay рассеивают мощность до 1.5 Вт

Устройства с рабочими напряжениями до 3000 В, долговременной стабильностью лучше 0.5% и широким выбором материалов и конфигураций контактов

Vishay Intertechnology представила новую серию высоковольтных толстопленочных чип-резисторов с большой рассеиваемой мощностью до 1.5 Вт и высоким рабочим напряжением до 3000 В в компактных корпусах пяти типоразмеров от 1206 до 2512. Для повышения гибкости конструкторских решений серия резисторов CRHP, выпускаемая подразделением Vishay Techno, предлагается в различных вариантах стилей, материалов контактов, конфигураций и нестандартных размеров.



В анонсированных устройствах сочетаются большая рассеиваемая мощность, высокое рабочее напряжение и беспрецедентная

долговременная стабильность – лучше 0.5%. Предлагается широкий диапазон сопротивлений резисторов от 2 МОм до 50 ГОм с допусками от 0.5% и температурными коэффициентами от ± 100 ppm/°C. Благодаря таким характеристикам эти устройства идеальны для управления батареями, а также контроля и регулирования напряжения в мощных инверторах и высоковольтных источниках питания для медицинских, телекоммуникационных, промышленных, автомобильных и потребительских приложений.

Стандартные резисторы CRHP имеют покрытые припоем никелевые или немагнитные контакты на одной или трех гранях корпуса. Доступны также устройства, выводы которых покрыты золотом, палладиево-серебряным сплавом, платинистым золотом, а также сплавом платина-серебро или платина-палладий-золото, в том числе, с контактами на пяти гранях. Резисторы не содержат галогенов, соответствуют требованиям директивы RoHS, допускают пайку волной припоя и крепление к плате эпоксидным клеем или проволочным хомутом.

Технические характеристики резисторов

Тип	Корпус	Допустимая мощность при 70 °С (Вт)	Максимальное рабочее напряжение (В)	Диапазон сопротивлений (Ом)
CRHP1206	1206	0.50	900 - 2500	2 МОм ... 8 ГОм
CRHP1210	1210	0.70	1400 - 3800	4 МОм ... 10 ГОм
CRHP2010	2010	1.0	1800 - 5000	6 МОм ... 35 ГОм
CRHP2510	2510	1.2	2750 - 7600	10 МОм ... 40 ГОм
CRHP2512	2512	1.5	1800 - 5000	10 МОм ... 50 ГОм

В настоящее время доступны единичные образцы резисторов серии CRHP. Массовое производство приборов будет развернуто в

конце 1 квартала 2019 года. Срок поставки крупных партий приборов составит от 13 до 15 недель.

Diodes начинает производство 16-разрядных расширителей ввода-вывода с интерфейсом I²C

Компания Diodes анонсировала 16-разрядный расширитель ввода-вывода PI4IOE5V6416, обеспечивающий доступ к любому цифровому устройству и управление им через интерфейс I²C в диапазоне входных и выходных напряжений от 1.8 В до 5 В. PI4IOE5V6416 позволяет создавать решения со сверхнизким энергопотреблением для расширения числа доступных входов/ выходов микропроцессоров, микроконтроллеров, специализированных микросхем или ПЛИС с использованием популярного интерфейса I²C. Располагая 16 индивидуально конфигурируемыми входами/ выходами, разработчики могут легко добавить интерфейс I²C к устаревшим периферийным устройствам, таким как клавиатуры, кнопочные переключатели или цифровые датчики. Шина I²C поддерживает как быстрый, так и стандартный режимы обмена.

Записью в соответствующий регистр каждый из 16 портов микросхемы PI4IOE5V6416 может быть сконфигурирован либо как вход, либо как выход. Все входы/ выходы имеют двухтактную конфигурацию на основе МОП транзисторов. Если вывод запрограммирован входом, транзисторы отключаются, если выходом – соответствующий транзистор обеспечивает низкоомный путь либо к источнику питания, либо к земле. Кроме того, каждый порт имеет программируемые резисторы, подтягивающие вывод к шине питания или земли, а также программируемый уровень выходного тока. Кроме того, у каждого вывода имеется программируемая защелка, если он сконфигурирован как вход.

Обеспечивая гибкое двунаправленное смещение уровней сигналов между хостом и выходами, PI4IOE5V6416 представляет собой идеальное решение для сопряжения



устаревших цифровых устройств, работающих при напряжениях до 5.5 В, с современными хостами, питающимися напряжениями от 1.65 В.

PI4IOE5V6416 имеет также выход маскируемого прерывания с открытым стоком, программируемый для переключения по изменению состояния любого из 16 выходов/ выходов. Эта мощная функция найдет множество потенциальных применений везде, где можно использовать определенное условие для инициирования действия на уровне системы, не требуя от хоста постоянного опроса периферийного устройства.

PI4IOE5V6416 отличается исключительно низким током покоя, равным всего 1.5 мкА при напряжении питания 5 В и 1.0 мкА при напряжении 3.3 В. Типовое потребление тока в активном режиме во время непрерывного считывания содержимого регистра при частоте шины I²C 400 кГц составляет 20 мкА (максимальное значение 45 мкА).

PI4IOE5V6416 выпускаются в 24-выводном корпусе TQFN (PI4IOE5V6416LE) или в 24-выводном корпусе TSSOP (PI4IOE5V6416ZDE).

Infineon выпускает новые устройства серии Embedded Power для автомобильных приложений

В этом году на выставке Embedded World Infineon Technologies продемонстрировала новое семейство микросхем Embedded Power. Серия TLE985x, отвечающая требованиям стандарта AEC Q-100, состоит из высо-

коинтегрированных драйверов H-мостов для управления двух- и однофазными бесщеточными двигателями постоянного тока. Они помогут автопроизводителям в замене реле в приложениях управления простыми двигате-



лями, подобными тем, которые используются для открывания люков в крышах автомобилей и подъема стекол.

Переход с реле на MOSFET повышает уровень интеграции и снижает стоимость систем. Дополнительными преимуществами являются ШИМ-управление и интегрированный калиброванный токоизмерительный усилитель, позволяющие адаптировать режимы двигателя в соответствии с требованиями приложения. Печатная плата и мотор становятся меньше. В то же время, снижаются шумы устройства.

В устройствах TLE985x интегрированы процессор ARM Cortex-M0 и вся периферия, необходимая для управления двигателями, питания и обмена информацией. Два встроенных аналого-цифровых преобразователя для измерения температуры и напряжения батареи и четыре контрольных входа помогают сократить число контактов микросхемы. Эти входы могут работать непосредственно с напряжением батареи, что снижает затраты на дополнительные компоненты, такие как внешние делители напряжения или транзисторные коммутаторы. Кроме того, микросхемы оснащены двумя полнодуплексными последовательными интерфейсами (UART) с поддержкой LIN.

Новым устройством, впервые реализованным в семействе TLE985x, стал адаптивный драйвер MOSFET. Алгоритм управления способен компенсировать разброс параметров MOSFET в системе, автоматически регу-

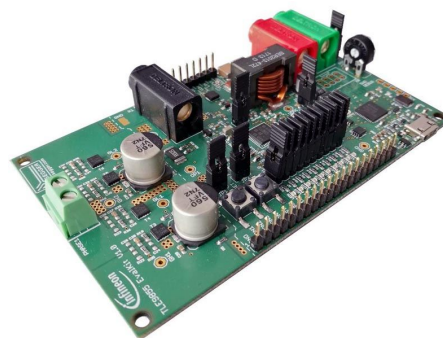
лируя ток затвора в соответствии с требуемыми временами переключения. Это позволяет оптимизировать систему одновременно как в отношении уровня электромагнитных излучений (управляя скоростью нарастания), так и рассеиваемой мощности (снижая мертвое время).

В семейство входит пять устройств с различными объемами флеш-памяти (48 – 96 КБ) и диапазонами рабочих температур перехода (до 175 °С). Кроме того, предлагается различное количество драйверов полумостов в корпусе для одно- или двунаправленных приложений с двигателями постоянного тока.

Все приборы серии TLE985x основаны на аппаратной и программной платформе, общей для всех продуктов выпускаемого Infineon семейства Embedded Power (TLE984x, TLE986x и TLE987x), что обеспечивает синергетический эффект и дает потребителям возможность повторно использовать отдельные фрагменты программ. Микросхемы поставляются в безвыводных корпусах VQFN площадью 7 мм × 7 мм.

Доступность

Образцы устройств TLE985x будут доступны с марта 2019 года.



Оценочный набор TLE9855QX.

Новые интеллектуальные силовые модули Infineon сокращают время разработки

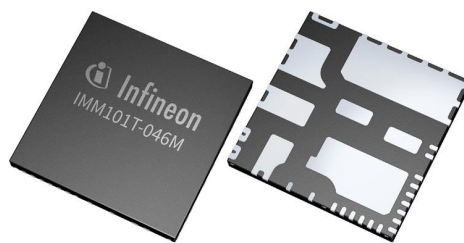
Infineon Technologies представила интеллектуальный силовой модуль контроллера электродвигателя, содержащий полный набор аппаратных и программных средств, необходимых для управления бесщеточными двигателями постоянного тока мощностью до

80 Вт без использования теплоотводов. В компактном корпусе PQFN модуля iMOTION IMM100 с размерами 12 × 12 мм объединены микросхема контроллера двигателя и трехфазный инверторный каскад. Такое сочетание позволяет сократить число используемых

компонентов и уменьшить площадь печатной платы, чтобы, в конечном счете, снизить стоимость системы. Небольшая площадь, занимаемая драйвером, делает его идеально подходящим для бытовой техники с ограниченным пространством, такой как фены, кухонные вытяжки, потолочные вентиляторы и кондиционеры, а также насосы посудомоечных и стиральных машин. Дополнительными приложениями могут быть маломощные холодильные компрессоры, теплонасосные установки и промышленные насосы.

Чтобы наилучшим образом удовлетворить потребности инженеров-конструкторов, серия IMM100 предлагается в двух оптимизированных вариантах. Вариант Т основан на сложном алгоритме векторного управления, реализованном в движке iMOTION MCE 2.0. Этот вариант предоставляет преимущества использования простых программных средств для конфигурирования и настройки системы. С помощью сценариев iMOTION он также может быть доукомплектован дополнительными функциями системного уровня и, опционально, инструментами коррекции коэффициента мощности.

Альтернативно, с помощью варианта А модуля IMM100 инженеры могут загрузить во встроенный микроконтроллер ARM Cortex-M0 запатентованное программное обеспечение для управления двигателем, пользуясь при этом преимуществами полной интеграции всех аппаратных средств. В этом случае для поддержки процессов разработки, компиляции и отладки могут применяться стандартные для отрасли инструментальные средства ARM MCU IDE. Благодаря высокой



степени интеграции, оба варианта существенно сокращают затраты времени на исследования и разработку аппаратуры. Кроме того, за счет интеграции программной поддержки MCE 2.0, вариант Т значительно снижает стоимость разработки и ускоряет вывод на рынок готового продукта.

Для наилучшего соответствия запросам разработчиков в отношении характеристик и цены серия микросхем контроллеров двигателей iMOTION IMM100 выпускается с тремя различными силовыми каскадами на MOSFET: 500 В/6 Ом, 600 В/1.4 Ом и 600 В/0.95 Ом. Новые устройства также предоставляют гибкие возможности измерений, поддерживая топологии с одним шунтом или без шунта (бессенсорное измерение), а также с датчиками Холла. Кроме того, в IMM100 интегрированы различные функции безопасности, в том числе, защита от повышенного и пониженного напряжения, от перегрузки по току, блокировки ротора и сквозных токов.

Доступность

Образцы контроллеров iMOTION IMM100 и оценочные платы будут доступны с апреля 2019 года. Начало серийного производства запланировано на май 2019 года.

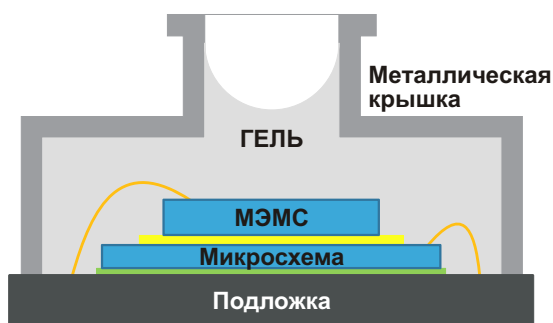
STMicroelectronics выпустила водостойкий МЭМС датчик давления для бюджетных потребительских и промышленных приложений

В водостойком МЭМС датчике давления LPS33W, выпущенном компанией STMicroelectronics (ST), сочетаются химическая совместимость, стабильность и точность, позволяющие использовать его в широком спектре приложений, таких как фитнес-трекеры и другие носимые устройства, пылесосы и промышленные датчики общего назначения.

Защищенный вязким герметизирующим гелем внутри цилиндрического металличе-

Water-resistant pressure sensor for consumer and industrial applications





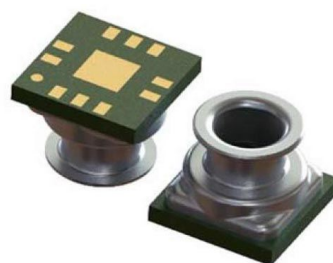
Внутренняя структура датчика LPS33W.

кого корпуса с рейтингом IPx8, LPS33W устойчив к соленой воде, хлору, бром, детергентам, таким как мыло для рук и шампунь, жидкостям для электронных сигарет и легким промышленным химикатам, таким как н-пентан. Крышка прибора отличается высокой коррозионной стойкостью, а ее цилиндрическая форма позволяет легко использовать датчик с уплотнительными кольцами в тех случаях, когда корпус устройства должен быть герметичным.

Уникальные свойства геля, формула которого запатентована ST, в сочетании с встроенной специализированной микросхемой преобразования сигналов датчика обеспечивают лучший в своем классе среднеквадратичный уровень шума давления 0.008 гПа и превосходную разрешающую способность. Восприимчивость к нагреву при пайке оплавливанием также чрезвычайно низка. Дрейф составляет менее ± 2 гПа, а нормальная точ-

ность восстанавливается за 72 часа, что более чем вдвое превышает скорость восстановления других датчиков. Температурная компенсация поддерживает точность в пределах ± 3 гПа в диапазоне рабочих температур от 0 °C до 65 °C.

LPS33W потребляет всего 15 мкА в режиме высокой точности, 3 мкА в энергосберегающем режиме и 1 мкА в выключенном состоянии, что способствует продлению времени автономной работы устройств с батарейным питанием. Большой 1280-битный буфер FIFO хранит до 32 групп 40-битных данных о давлении и температуре, помогая экономить дополнительную мощность за счет минимизации вмешательства управляющего микроконтроллера. Кроме того, в устройство интегрированы фильтры нижних частот, а также цифровые интерфейсы I²C и SPI.



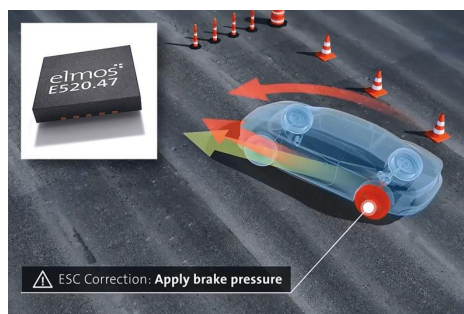
Датчики LPS33W освоены в серийном производстве в металлических корпусах диаметром 3.3 мм и высотой 2.9 мм. Цена одного прибора в партиях из 1000 штук начинается от \$3.60.

Elmos разработала маломощную микросхему обработки сигналов датчиков с интерфейсом SENT

Микросхема E520.47 для автомобильных приложений разработана с учетом требований стандарта ISO 26262

Elmos представила микросхему E520.47 с интерфейсом SENT, поддерживающую одновременную обработку сигналов двух мостовых резистивных датчиков. Микросхема специально создавалась с учетом требований автомобильных приложений. Разработка соответствует предписаниям стандарта ISO 26262, что позволяет полностью соблюдать в системе требования ASIL (Уровень целостности автомобильной безопасности) вплоть до уровня C. Возможными сферами применения новой микросхемы могут быть датчики

тормозов, МЭМС датчики приближения и резистивные мостовые датчики.



Малошумящая микросхема обработки сигналов E520.47 содержит два 15-битных дельта-сигма АЦП для двух резистивных мостовых датчиков, включая цепи компенсации и линейризации. Два дополнительных температурных канала с 14-битным дельта-сигма АЦП позволяют получать точные линейризованные данные с различных датчиков температуры. В микросхему также интегрированы внутренние датчики и цепи самодиагностики. Диапазон чувствительности микросхемы составляет 3...112 мВ/В. Предусмотрены 10 уровней регулировки усиления и 31 уровень регулировки смещения.

Все компенсированные и линейризованные сигналы датчиков доступны на выходе цифрового интерфейса SENT. Вывод SENT обеспечивает последовательную двунаправленную связь по одному проводу для конфигурирования и калибровки микросхемы. Кроме того, дополнительный интерфейс I²C предоставляет более быстрый доступ к датчикам, средствам диагностики, калибровке и параметрам конфигурации. Имеется набор инструментов для калибровки, включая практическое программное обеспечение.

Микросхема поставляется в корпусе QFN20L4 или в бескорпусном исполнении.

Microchip выпускает новое семейство быстродействующих АЦП последовательных приближений для тяжелых условий эксплуатации

Среди 12 новых устройств, созданных для работы в условиях высокой температуры и сильных электромагнитных помех, имеется единственный в отрасли 16-битный АЦП последовательных приближений с быстродействием 1 Мвыб/с, сертифицированный на соответствие стандарту АЕС-Q100

Для решения задач, требующих более высокого разрешения и более высокой скорости аналого-цифрового преобразования, Microchip Technology разработала 12 новых АЦП последовательных приближений, а также дифференциальный усилитель, специально предназначенный для поддержки нового семейства АЦП. Семейство MCP331x1(D)-xx, созданное для работы в условиях высокой температуры и сильных электромагнитных помех, содержит единственный в отрасли 16-битный АЦП последовательных приближений с быстродействием 1 Мвыб/с, сертифицированный на соответствие стандарту АЕС-Q100. Полностью использовать возможности АЦП в системе позволяет использование в

качестве входного интерфейса высокоточного дифференциальный усилителя MCP6D11 с низким уровнем искажений.

В семейство MCP331x1(D)-xx входят приборы с разрешением 12, 14 и 16 бит со скоростями от 500 Квыб/с до 1 Мвыб/с, предоставляющие разработчикам возможность выбора устройства, наилучшим образом соответствующего их требованиям. Низкое аналоговое напряжение питания 1.8 В и низкие рабочие токи (типичные значения 1.6 мА для 1 Мвыб/с и 1.4 мА для 500 Квыб/с) обеспечивают ультранизкую мощность потребления АЦП при сохранении широкого диапазона измерений входных сигналов.

Эти устройства поддерживают цифровой интерфейс ввода/вывода с широким диапазоном напряжений от 1.7 В до 5.5 В, что позволяет подключать их к большинству хостов, включая выпускаемые Microchip микропроцессоры и микроконтроллеры с ядрами PIC32, AVR и ARM. Это исключает необходимость использования внешних схем смещения уровня сигналов. В семействе MCP331x1(D)-xx имеются варианты как с несимметричными, так и с дифференциальными входами измерения напряжения, что позволяет системам работать с любыми сигналами. Новое семейство, соответствующее требованиям стандарта АЕС-



Q100, идеально подходит для таких приложений, как высокоточные системы сбора данных, схемы управления аккумуляторами электрических транспортных средств, драйверы двигателей и импульсные источники питания, обеспечивая надежную работу в тяжелых условиях эксплуатации.

Правильное сопряжение слабого аналогового сигнала с быстродействующим АЦП высокого разрешения без внесения дополнительных шумов и искажений является серьезной проблемой. Специально для решения этой проблемы Microchip создала дифференциальный усилитель MCP6D11 с низким уровнем искажений и высокой точностью.

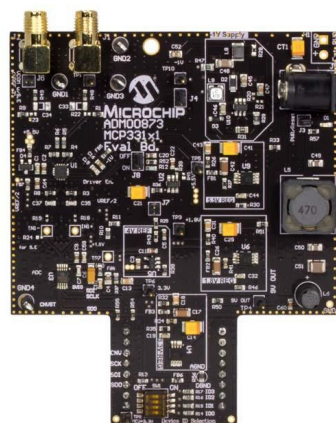
Средства разработки

Для демонстрации характеристик АЦП последовательных приближений семейства MCP331x1D-xx предлагается оценочный набор, в состав которого входят:

- Оценочная плата для MCP331x1D (ADM00873);
- Плата сбора данных Curiosity;
- Утилита графического интерфейса пользователя для ПК, поддерживающая работу с АЦП последовательных приближений.

Цены и доступность

Цены на АЦП последовательных приближений находятся в диапазоне от \$1.45 за одну микросхему MCP33111 до \$4.65 за



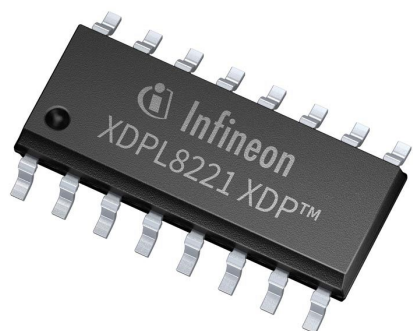
Оценочная плата для MCP331x1D.

MCP33131. (Цены указаны для партий объемом 10,000 приборов). Каждый АЦП доступен либо в 10-выводном корпусе MSOP размером 3 мм × 3 мм, либо в безвыводном 10-контактном корпусе TDFN размером 3 мм × 3 мм. 9 мм² – это минимальная на рынке площадь корпуса для 16-битных АЦП с быстродействием 1 Мвыб/с. Усилитель MCP6D11 в партиях из 10,000 штук стоит \$1.17 и также предлагается в двух вариантах корпусов: в 8-выводном MSOP или 16-выводном QFN размером 3 мм × 3 мм. Оценочный набор для MCP331x1(D)-xx можно приобрести за \$175.

Получить дополнительную информацию, а также купить упомянутые в пресс-релизе компоненты, можно на веб-сайте Microchip или у официальных дистрибьюторов компании.

Infineon представляет универсальный драйвер для интеллектуального светодиодного освещения

Расширение сферы использования интеллектуального освещения и Интернета вещей требует создания светодиодных драйверов нового поколения. Infineon Technologies представила новый прибор из серии



XDP LED – недорогой двухкаскадный драйвер XDPL8221 с расширенным набором функций. В устройстве объединены квазирезонансный корректор коэффициента мощности и управляемый по первичной стороне контроллер квазирезонансного обратного преобразователя, а также последовательный командный с интерфейс UART. Обширный набор конфигурируемых механизмов защиты (как стандартных, так и специальных) обеспечивает безопасность и надежность работы драйвера светодиодов в различных вариантах использования.

В драйвере XDPL8221 реализован ряд нестандартных программируемых функций, таких, например, как одновременная стаби-

лизация выходного напряжения и тока с ограничением выходной мощности. Результатом является универсальный светодиодный драйвер с высоким КПД.

Характеристики XDPL8221 позволяют повысить эффективность создаваемых устройств. Микросхема драйвера сохраняет все функции в номинальном диапазоне входных напряжений от 100 В AC до 277 В AC или от 127 В DC до 430 В DC. Встроенная цифровая система управления, в зависимости от реальной ситуации, выбирает наилучший режим работы. Она может переключаться между квазирезонансным режимом, режимом прерывистой проводимости и активным пульсирующим режимом.

Встроенный в XDPL8221 интерфейс UART, поддерживающий широкий набор команд, позволяет управлять функциями устройства и получать информацию о его статусе, чтобы осуществлять обмен цифровыми данными в режиме реального времени. Эти данные могут быть использованы для мониторинга или дополнительных функций местного управления.

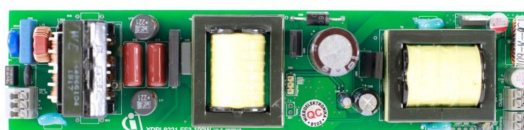
Микросхема драйвера может без мерцаний регулировать яркость до уровня менее

одного процента, сохраняя при этом высокую точность стабилизации тока. Микросхема также имеет функцию диммирования до выключения (Dim-to-off), позволяющую в режиме ожидания, когда свет выключен, поддерживать низкий уровень потребляемой мощности (менее 100 мВт, в зависимости от конструкции драйвера).

Меньшее количество дополнительных компонентов и повышенная гибкость мини-мизируют общую стоимость системы. XDPL8221 поставляется в корпусе DSO-16 и поддерживается набором инструментальных средств, делающих проектирование очень простым. Это сокращает цикл разработки и ускоряет выход продукта на рынок.

Доступность

Новые микросхемы XDPL8221 запущены в производство.



Оценочная плата для XDPL8221.

Active-Semi выпускает первую микросхему управления питанием для носимых устройств

Active-Semi дополнила свое семейство микросхем управления питанием ActiveCiPS первым прибором с ультранизким потреблением мощности. Ориентированная на рынок носимых устройств микросхема ACT81460 содержит полностью интегрированное зарядное устройство, понижающий, понижающе-повышающий и повышающий преобразователи, LDO регуляторы, коммутаторы нагрузки и порты ввода/вывода общего назначения.

В ACT81460 реализован полный набор решений, необходимых для рынка носимых устройств, с самым низким в отрасли током покоя, существенно увеличивающим срок службы батарей. В соответствии с рекомендациями JEITA (Японская ассоциация электронной промышленности и информационных технологий), в микросхему встроен 20-вольтовый интеллектуальный коммутатор, защищающий ее от неисправностей зарядных устройств или высокого напряжения



источников USB-PD. Устройство поддерживает программируемый порог ограничения входного тока, динамическое ограничение напряжения и другие программируемые параметры зарядки, такие как напряжение и ток окончания заряда, зарядный ток и температурный профиль батареи. Полностью интегрированные DC/DC преобразователи с полным спектром защитных функций работают на частоте 3.3 МГц, позволяя использовать внешние компоненты небольших размеров.

Для питания различной периферии, такой, например, как оптический датчик частоты сердечных сокращений, АСТ81460 содержит высокоэффективный понижающе-повышающий преобразователь, способный полностью использовать энергию батареи при ее глубоком разряде до 2.7 В. Интегрированный высоковольтный повышающий преобразователь может использоваться для формирователей тактильных сигналов, аудио усилителей или светодиодной подсветки.

АСТ81460 содержит большой набор каналов питания с DC/DC преобразователями, группой LDO регуляторов и коммутаторами нагрузки, обеспечивающими системному разработчику полную гибкость проектных решений. Конфигурация АСТ81460 программируется на этапе производства, но может модифицироваться в процессе эксплуатации через интерфейс I²C. Чрезвычайно низкие токи покоя каждого регулятора и зарядного устройства гарантируют высокий КПД даже при токах нагрузки, близких к нулю, то есть в режимах, характерных для типичных носимых приложений. Высокий КПД микросхемы АСТ81460, потребляющей менее 0.7 мкА на один токовый канал и всего 7 мкА при активном режиме всех регуляторов, значительно продлевает срок службы батареи.

«В АСТ81460 встроен запатентованный Active-Semi алгоритм управления ACOT (активное управление постоянным временем включения), обеспечивающий быстрый динамический отклик на изменения нагрузки при очень низких токах покоя регуляторов. Благодаря нескольким конфигурируемым режи-

мам низкого энергопотребления, АСТ81460 позволяет системному разработчику отключать функциональные блоки, когда они не нужны, чтобы оптимизировать энергопотребление в различных условиях. Это дает возможность реже заряжать аккумуляторы, – говорит Дэвид Бриггс, вице-президент и генеральный директор подразделения силовых решений Active-Semi. – Мы понимаем, что нашим клиентам удобнее использовать одно и то же решение в системах питания нескольких продуктов. С помощью инновационных решений ActiveCiPS Active-Semi может предложить потребителям различные варианты заводского программирования АСТ81460, обеспечивая оптимизированную логистику закупок для использования одного устройства в нескольких продуктовых линейках».

АСТ81460 поставляются 49-контактным корпусе WLCSP размером 3.3 мм × 3.3 мм. Промышленные партии и единичные образцы новых приборов можно заказать у официальных дистрибьюторов компании.



Оценочный набор АСТ81460EVK1-904.

Toshiba выпускает миниатюрные LDO стабилизаторы с самыми низкими в отрасли потерями мощности

Высокоэффективные LDO регуляторы увеличивают время работы устройств с автономным питанием

Toshiba Electronics Europe выпустила две новые серии миниатюрных LDO регуляторов для поверхностного монтажа, предназначенных для источников питания мобильных устройств, фото- видеоканалов и аудиовизуальных продуктов. 40 регуляторов серии TCR5BM, рассчитанных на максимальный ток нагрузки 500 мА, имеют типовое падение напряжения всего 100 мВ, тогда как приборы

серии TCR8BM могут регулировать выходные токи до 800 мА при падении напряжения 170 мВ. Шкала выходных напряжений обеих серий TCR5BM и TCR8BM охватывает диапазон от 0.8 В до 3.6 В.

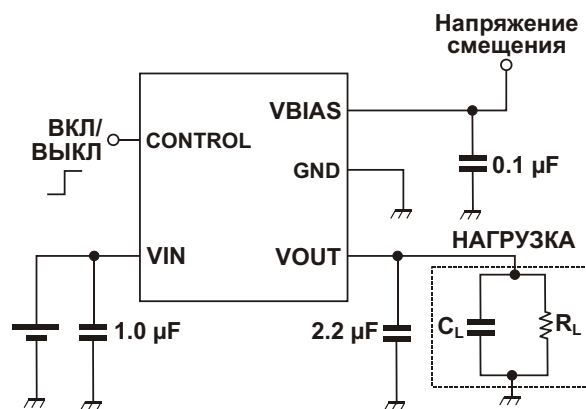
Обе серии подходят для таких приложений, как источники питания микроконтроллеров, радиочастотных устройств и КМОП матриц камер мобильных устройств и аудиовизу-



ального оборудования, которые все чаще требуют более низких напряжений питания в области 1.0 В.

Благодаря использованию N-канальных MOSFET, изготовленных на основе технологического процесса последнего поколения, а также внешнему напряжению смещения, прямое падение напряжения – основной источник потерь мощности – удалось снизить примерно на 33% по сравнению с ранее выпускавшимися продуктами Toshiba. Эти уровни падения напряжения являются самыми низкими в отрасли.

Кроме того, высокий коэффициент подавления пульсаций (98 дБ) повышает устойчивость к высокочастотным шумам окружающей среды и DC/DC преобразователей, способным нарушать нормальную работу устройства. Регуляторы также обеспечивают высокую скорость отклика на переходные процес-



Пример схемы включения.

сы в нагрузке, предотвращая сбои, обусловленные быстрым переключением режимов работы микросхем.

Собственные токи потребления новых микросхем примерно вдвое меньше, чем у других сильноточных LDO регуляторов, предлагаемых сегодня на рынке, и составляют 19 мкА для серии TCR5BM и 20 мкА для TCR8BM. Это снижает энергопотребление, увеличивая время работы устройств с батарейным питанием.

Микросхемы обеих серий поставляются в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа DFN5B, имеющих размеры всего 1.2 × 1.2 мм.

К настоящему времени развернуто массовое производство регуляторов обеих серий.

Новое поколение контроллеров освещения STMicroelectronics стало еще экономичнее, удобнее и проще

- *Функционально законченные высоковольтные микросхемы управления светодиодным освещением, отвечающие самым современным требованиям эффективного регулирования яркости.*
- *Повышенная точность и быстрый запуск предоставляют дополнительные удобства пользователю.*
- *Разработчик инновационных решений в сфере освещения компания TCI использует новые светодиодные драйверы ST для повышения уровней энергоэффективности, безопасности и удобства использования.*

STMicroelectronics (ST) объединила свои самые передовые ноу-хау в области управления светодиодами с современными технологиями электропитания в новой универсальной микросхеме контроллера светодиодов, которая позволит осветительным приборам будущего сберечь больше энергии и предоставить пользователям дополнительные удобства.

Контроллер HVLED001B упрощает проектирование светодиодных осветительных модулей, повышает КПД использования энергии на всех уровнях диммирования и обеспечивает более плавное регулирование яркости. Один из главных клиентов STMicroelectronics – инновационная итальянская компания TCI уже разработала на основе нового чипа

All-in-one LED control chip
energy-efficient, user-convenient



перспективные продукты для освещения, повышающие уровни энергоэффективности, безопасности и удобства использования.

Подчеркивая сложность создания светодиодных светильников средней и высокой мощности, отвечающих последним нормативным требованиям в области освещения и запросам рынка, официальный представитель TCI сказал: «Использование встроенных функций нового светодиодного драйвера ST, упрощающих конструкцию и сокращающих число необходимых компонентов, позволило нам намного повысить уровень технических характеристик. Включение светодиодов происходит исключительно быстро и занимает менее 0.4 с, а КПД остается очень высоким даже при низких уровнях яркости, когда обычные драйверы могут потерять свои преимущества».

HVLED001B запущены в серийное производство в привычных компактных корпусах SSOP10 и в партиях из 1000 приборов продаются по ценам, начинающимся от \$0.687 за штуку.

Дополнительная техническая информация

HVLED001B – это второе поколение семейства светодиодных драйверов компании ST, которые содержат высоковольтные цепи запуска и измерения, упрощающие подключение к сети переменного тока. Расширенный набор функций приборов позволяет для различных платформ использовать одинаковые решения, отвечающие последним нор-

мам освещения. В перечень этих функций, в частности, входят:

- Стабилизация выходного напряжения без необходимости использования оптопары, гарантирующая, что напряжение не будет превышать требуемый безопасный уровень 60 В, и повышающая надежность системы;
- Следящее снижение частоты для повышения КПД и улучшения качества стабилизации при средней нагрузке;
- Точная и плавная регулировка яркости;
- Коэффициент полезного действия свыше 90%;
- Мощность, потребляемая без нагрузки, менее 100 мВт;
- Коэффициент мощности больше 0.9, общие гармонические искажения ниже 10%;
- Низкий уровень создаваемых помех при легких и средних нагрузках;
- Встроенные механизмы защиты от перегрузки по току, превышения входного напряжения, кратковременного нарушения питания и выхода из строя оптопары;
- Интеллектуальный таймер автоматической перезагрузки, обеспечивающий защиту от защелкивания для повышения уровня безопасности.

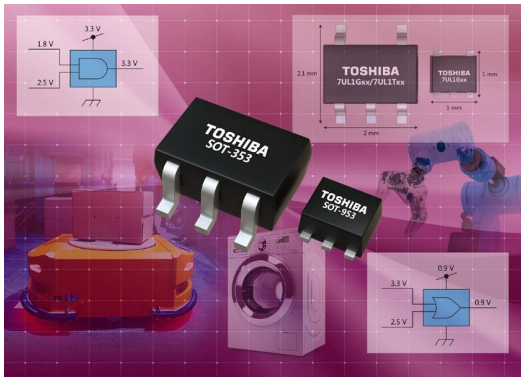


35-ваттный обратноходовой преобразователь с широким диапазоном входных напряжений на основе квазирезонансного контроллера HVLED001B и 800-вольтового MOSFET STF10LN80K5.

Toshiba анонсировала семейство одновентильных логических схем с низким напряжением питания

Toshiba Electronics Europe анонсировала выпуск одновентильных логических схем с одним источником питания. В общей сложности новая линейка состоит из 31 микросхемы, которые упрощают разработку преобразователей

уровней напряжения, используемых для обмена данными между устройствами, например, между микропроцессорами и периферией. Эти одновентильные приборы выпускаются в крошечных корпусах, обеспе-



чивающих возможность преобразования уровней даже в приложениях с ограниченным пространством на печатной плате.

Предыдущие трансляторы уровня Toshiba требовали двух источников питания: одного с входной стороны, и второго со стороны выхода. Новым сериям 7UL1G и 7UL1T для преобразования уровня достаточно лишь одного источника питания. Это упрощает разводку, а также исключает проблемы, связанные с управлением последовательностью включения источников питания. Новые устройства могут использоваться в приложениях с несколькими шинами питания и ограниченной площадью платы, таких как смартфоны, планшеты, ноутбуки, цифровые камеры, кассовые терминалы и оборудование Интернета вещей.

Основное назначение серии 7UL1G состоит в понижении уровня до напряжения вывода питания при максимальном входном напряжении 3.6 В. При использовании с источником питания 0.9 В эти устройства могут поддерживать понижающее преобразование до 0.9 В входных сигналов в диапазоне от 0.9 В до 3.6 В.

Серия 7UL1T в первую очередь поддерживает повышающее преобразование уровня до напряжения на выводе питания и работает с источниками в диапазоне от 2.3 В до 3.6 В. Входной порог установлен равным 50% напряжения питания или ниже. При питании от источника 3.3 В поддерживается повышающее преобразование входных сигналов 1.65 В ... 3.6 В до напряжения 3.3 В.

Серии 7UL1G и 7UL1T содержат одиночные элементы «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «И», «ИЛИ», «исключающее ИЛИ», инверторы, повторители, инвертирующие и неинвертирующие триггеры Шмитта, а также трехстабильные буферы. Приборы серии 7UL1G выпускаются как в корпусах общего назначения SOT353 (2.0 мм × 2.1 мм × 0.9 мм), так и в самых миниатюрных в отрасли выводных корпусах SOT953 (1.0 мм × 1.0 мм × 0.48 мм). Серия 7UL1T, за исключением инвертора и буфера с входным триггером Шмитта, поставляется в корпусе SOT353.

Infineon предлагает 60-вольтовые линейные контроллеры светодиодов для систем общего освещения

Выпустив две новые микросхемы BCR601 и BCR602, Infineon Technologies расширила свое успешное семейство линейных контроллеров светодиодов BCR. В BCR601 используется инновационная обратная связь по напряжению к первичной стороне, известная также как «АНС – активная минимизация запаса по напряжению», позволяющая сни-

зить как стоимость, так и потребляемую мощность драйверов светодиодов. С другой стороны, BCR602 предназначен для диммируемых светодиодных приложений, таких как источники света, световые модули и полосы. Широкий диапазон напряжений до 60 В делает его идеальным прибором для 48-вольтовых систем и сетей постоянного тока.

Напряжение питания микросхем контроллеров светодиодов может находиться в диапазоне от 8 В до 60 В при безопасном пределе 65 В. Для поддержки широкого диапазона токов и мощностей светодиодов BCR601 и BCR602 работают с внешним мощным транзистором: либо с NPN биполярным, либо с N-канальным MOSFET. Микросхемы позволяют регулировать токи светодиодов как внешними резисторами, так и аналоговым димми-



рованием. BCR602 дополнительно поддерживает цифровую ШИМ с частотой до 3.5 кГц и комбинированное управление яркостью. Для устройств с архитектурой, подобной BCR601 и BCR602, характерно хорошее подавление пульсаций переменного тока, что обеспечивает постоянно стабильный ток светодиодов, предотвращая мерцание и обеспечивая высокое качество света.

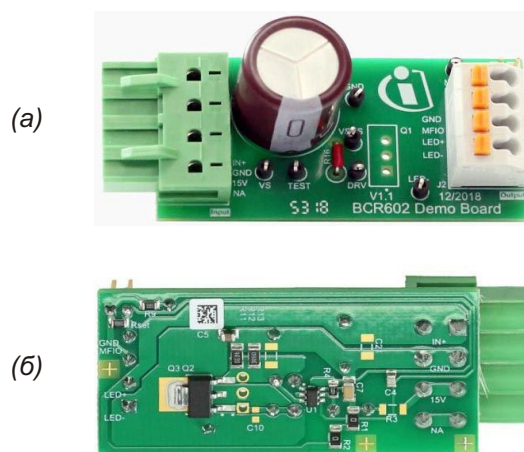
Реализованная в BCR601 технология АНС позволяет управлять выходным напряжением первичной стороны преобразователя, такого, например, как выпускаемый Infineon обратногоходовой контроллер XDPL8218. Эта архитектура помогает контроллеру светодиодов обеспечивать максимальный КПД системы путем активной настройки AC/DC контура обратной связи, чтобы независимо от тока светодиодов поддерживать на них минимально достаточный уровень напряжения.

Установка минимально необходимого напряжения на проходном транзисторе повышает КПД системы до значений, которые обычно могут быть достигнуты только при использовании импульсного преобразования на вторичной стороне. Оптимизированный КПД снижает температуру компонентов и облегчает режимы их работы. Еще одним преимуществом этого решения является более низкий по сравнению импульсным режимом уровень излучаемых электромагнитных помех, а также меньшее число внешних компонентов. Кроме того, BCR601 имеет защиту от перенапряжения с регулируемым порогом, предотвращающую любое повреждение светодиодов.

В обе микросхемы встроена защита от повреждений при горячем подключении. Это позволяет безопасно подключать или отключать светодиодную нагрузку без отключения питания, гарантируя защиту светодиодов от электрических перенапряжений. Защита от перегрева снижает ток светодиодов на 30% от номинального значения, когда температура перехода превысит установленный порог. Как только температура вновь упадет до нижней границы петли гистерезиса, микросхемы контроллеров светодиодов возобновляют нормальную работу.

Доступность

Микросхемы BCR601 и BCR602 доступны для приобретения.



Верхняя (а) и нижняя (б) сторона демонстрационной платы с контроллером BCR602.

Vishay предлагает новые серии симисторных оптронов

800-вольтовые устройства для бытовой техники и промышленного оборудования в компактных корпусах DIP-6 и SMD-6

Vishay Intertechnology расширила перечень предлагаемых оптоэлектронных приборов, начав производство двух новых серий



симисторных оптронов в компактных корпусах DIP-6 и SMD-6. Выпускаемые подразделением Vishay Semiconductors приборы VOT8026A и VOT8123A выдерживают в закрытом состоянии напряжение до 800 В и перепады напряжения со скоростью (dV/dt) до 1000 В/мкс, обеспечивая высокие уровни надежности и защиты от помех для бытовой техники и промышленного оборудования.

Анонсированные оптроны предназначены для изоляции низковольтных логических схем от напряжения сетей 120 В, 240 В и 380 В

переменного тока для управления резистивными, индуктивными и емкостными нагрузками, включая электромоторы, соленоиды, сильноточные тиристоры, симисторы и реле. Новые устройства состоят из GaAs инфракрасного светодиода, оптически связанного либо с симистором, который переключается при переходе сетевого напряжения через ноль (VOT8026A) для снижения электромагнитных излучений без необходимости использования внешних демпфирующих цепей, либо с симистором со случайной фазой включения (VOT8123A). Высокое допустимое напряжение VOT8026A и VOT8123A в выключенном состоянии повышает надежность однофазных приложений, сохраняя при этом достаточный запас по напряжению для трехфазных применений. Напряжение изоляции оптронов равно 5000 В с.к.з. Низкие отпирающие токи, равные 5 мА для VOT8026A и 10 мА для VOT8123A, упрощают интерфейс с цифровой логикой.

Оптоизоляторы отвечают требованиям директивы RoHS. Типичными приложениями

новых приборов являются драйверы мощных симисторов в твердотельных реле, трехфазных кондиционерах воздуха, водонагревателях, термостатах, промышленных приводах двигателей и коммутаторах силовых электросетей, а также устройства управления моторами, лампами и клапанами в бытовых электроприборах.

Таблица вариантов оптронов

Серия	Корпус	Обозначение прибора
VOT8026A (с контролем перехода через ноль)	DIP-6	VOT8026AD
	DIP-6, 400 mil	VOT8026AG
	SMD-6	VOT8026AB
VOT8123A (без контроля перехода через ноль)	DIP-6	VOT8123AD
	DIP-6, 400 mil	VOT8123AG
	SMD-6	VOT8123AB

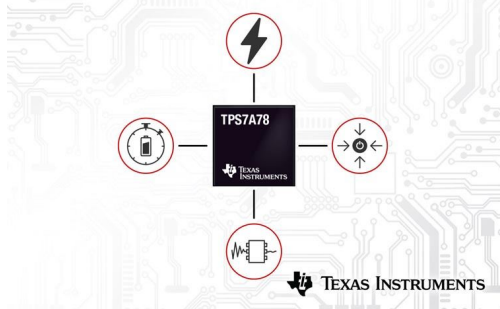
Потребители могут заказать как единичные образцы, так и промышленные партии оптоизоляторов VOT8026A и VOT8123A. Срок выполнения крупных заказов составляет шесть недель.

Интеллектуальный AC/DC линейный регулятор Texas Instruments обеспечивает прорыв в КПД и плотности мощности

Самый высокоинтегрированный в отрасли линейный регулятор увеличивает КПД на 75% и обеспечивает вдвое большую плотность мощности по сравнению с другими линейными стабилизаторами

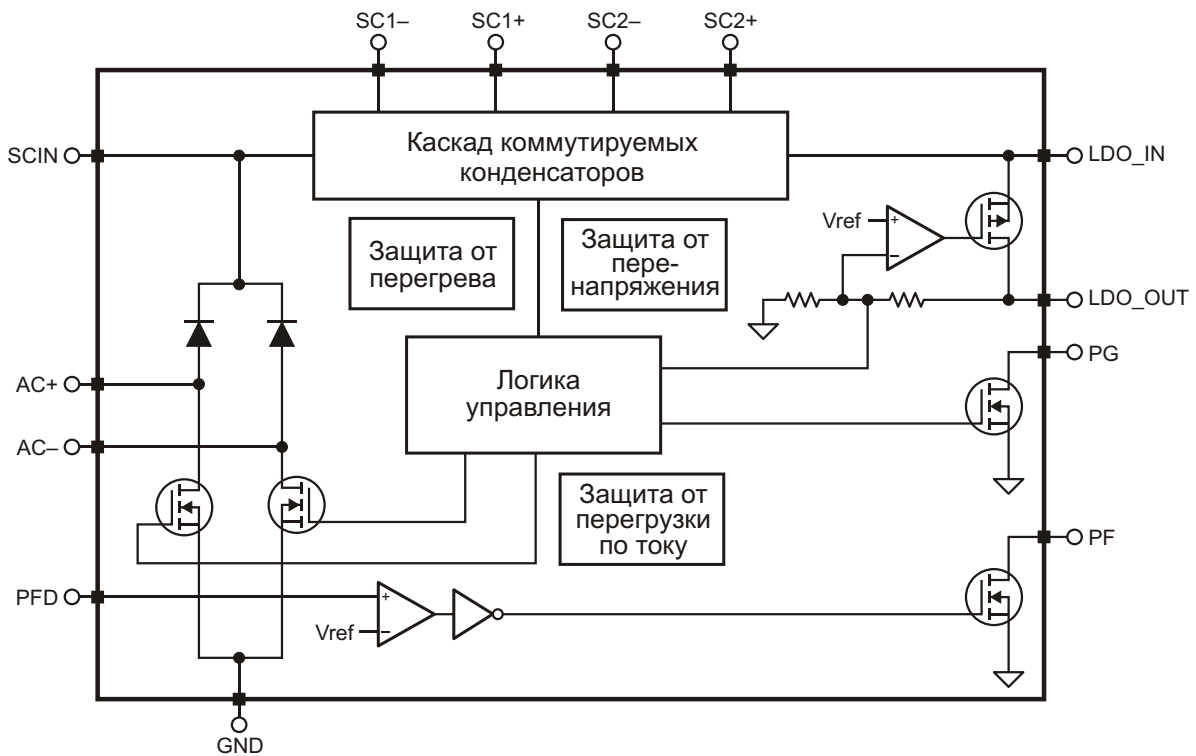
К обширному семейству своих линейных стабилизаторов, насчитывающему свыше 500 приборов, Texas Instruments (TI) добавила первый в своем роде интеллектуальный линейный AC/DC регулятор. Благодаря КПД, увеличенному на 75%, и вдвое большей плотности мощности, чем у других линейных регуляторов, в этом устройстве

Smart AC/DC linear regulator achieves breakthrough in efficiency and power density



достигнут наилучший баланс между высокой эффективностью и сверхнизким уровнем шумов при одновременном уменьшении размеров источника питания. В полностью интегрированном линейном регуляторе TPS7A78 используется уникальная архитектура с коммутируемым конденсатором, позволяющая исключить множество дискретных компонентов, включая внешние дроссели и трансформаторы, а также миниатюрные размыкатели и выключатели цепи, чтобы обеспечить защиту от несанкционированного вмешательства в таких приложениях, как электронные измерители в сетевой инфраструктуре и средства автоматизации зданий.

Получая питание от сети переменного тока, неизолированный линейный регулятор TPS7A78 может отдавать в нагрузку мощность до 0.5 Вт постоянного тока при



Функциональная схема TPS7A78.

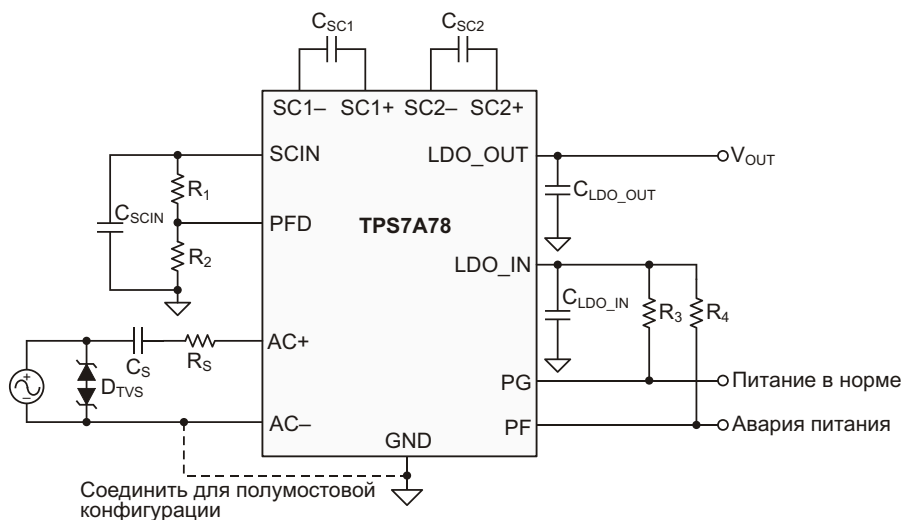
меньшем количестве и размере используемых компонентов. Интеллектуальная конструкция оптимизирует стабилизацию благодаря активному мосту, коммутируемому конденсатору и интегрированному регулятору с низким падением напряжения (LDO). Такая конструкция увеличивает КПД и снижает размеры конденсатора по сравнению с линейными регуляторами в тради-

ционных решениях с гасящим конденсатором и стабилитроном.

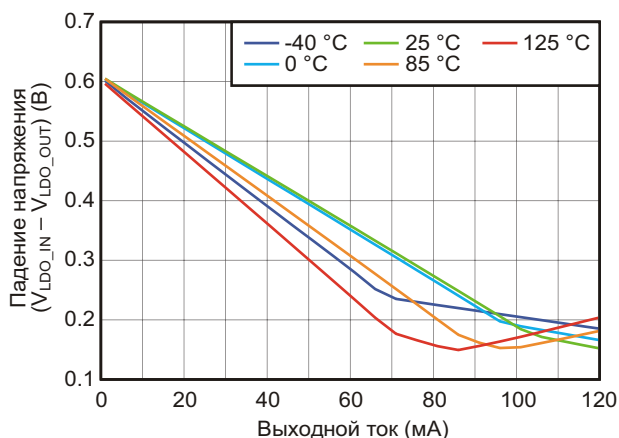
Ключевые особенности и преимущества микросхемы TPS7A78

- **Низкая мощность, потребляемая в режиме ожидания:**

Уникальный активный динамический мостовой ограничитель, осуществляющий



Типовая схема включения TPS7A78.



Зависимость падения напряжения от выходного тока при выходном напряжении 5.0 В.

предварительную стабилизацию входного напряжения, уменьшает мощность в режиме ожидания до 10 мВт, что более чем на 75% ниже, чем у традиционных решений с гасящими конденсаторами.

• **Высокая плотность мощности:**

Архитектура с коммутируемыми конденсаторами позволяет исключить до 26 дискретных компонентов, включая мостовой выпрямитель. Кроме того, эта архитектура

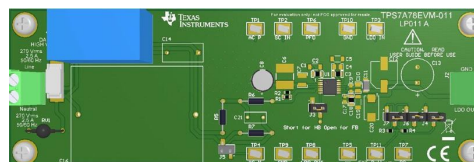
уменьшает размеры конденсатора на 25% по сравнению с традиционными решениями, использующими входные гасящие конденсаторы.

• **Конструкция, защищенная от несанкционированного доступа:**

Без использования дорогого магнитного экранирования TPS7A78 полностью отвечает требованиям стандарта 61000-4-8 Международной электротехнической комиссии (IEC).

Доступность, корпус и цена

TPS7A78 в 14-выводных корпусах TSSOP размером 5 мм × 6.5 мм можно приобрести в онлайн магазине TI и у официальных дистрибьюторов компании. Цена одной микросхемы для лотов из 1000 приборов установлена равной \$1.00.



Оценочный модуль TPS7A78EVM-011.

Новые изолированные микросхемы Silicon Labs гарантируют высокую точность измерения токов и напряжений

Надежная технология изоляции третьего поколения обеспечит качественный скачок в характеристиках и стабильности

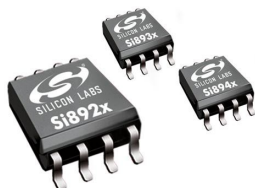
Silicon Labs объявила о выпуске семейства микросхем изолированных аналоговых усилителей, датчиков напряжения и дельта-сигма модуляторов (DSM) с очень низким температурным дрейфом, предназначенных для точных измерений тока и напряжения. Новое семейство Si89xx, основанное на надежной технологии изоляции третьего поколения ком-

пании Silicon Labs, предоставляет большой выбор вариантов измеряемых параметров, конфигураций выходов и типов корпусов, помогая разработчикам снизить стоимость компонентов и уменьшить площадь печатной платы для широкого спектра промышленных и экологически чистых приложений, включая системы управления аккумуляторными батареями и зарядными устройствами электрических транспортных средств, DC/DC преобразователи, а также инверторы электродвигателей, солнечных станций и ветряных турбин.

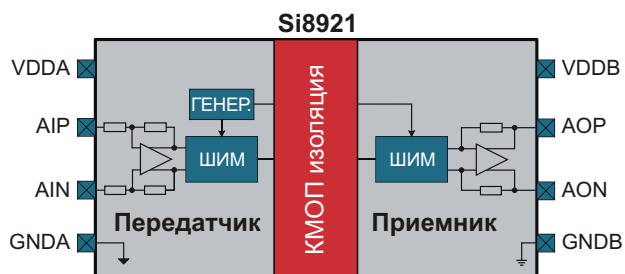
Точные измерения тока и напряжения крайне важны для правильной работы систем управления питанием. Для увеличения КПД и скорости реакции на неисправности или изменения в нагрузке системному контроллеру необходима информация о токе и напряжении, получаемая с высоковольтных

Next-Generation Si89xx Family

Robust Isolation
Precise with Low Drift
Broad Portfolio



шин питания. Разработанная Silicon Labs технология изоляции третьего поколения обеспечивает безопасность контроллеров в полном диапазоне температур при рабочих напряжениях до 1414 В и разрядах любой полярности до 13 кВ, превосходя строгие



Функциональная схема усилителя Si8921.

требования отраслевых стандартов.

Silicon Labs может теперь предложить самый широкий в отрасли ассортимент датчиков тока и напряжения. Семейство Si89xx включает устройства четырех категорий:

- Si892x – изолированные аналоговые усилители, оптимизированные для шунтового измерения тока;
- Si8931/2 – изолированные аналоговые усилители, оптимизированные для измерения напряжения общего назначения;
- Si8935/6/7 – первые в отрасли изолированные дельта-сигма модуляторы, оптимизированные для измерения напряжения;
- Si8941/6/7 – изолированные дельта-сигма модуляторы для шунтового измерения тока.

«Наши первая и вторая технологии изоляции микросхем смешанных сигналов за последнее десятилетие способствовали большому рыночному успеху наших продуктов с цифровой изоляцией, а технология третьего поколения, используемая в новых устройствах Si89xx, поднимает планку еще выше, – сказал Брайан Миркин (Brian Mirkin), вице-президент и руководитель направления силовых продуктов Silicon Labs. – Наши изолирующие устройства продолжают вытеснять традиционные оптопары. Кроме того, они превосходят конкурирующие цифровые изоляторы, обеспечивая более высокие характеристики надежности, интеграции функций и защиты от бросков напряжения, а также лучшую в своем классе безопасность для систем, требующих защиты от высоких напряжений».

Аккумуляторные батареи автомобилей, инверторные электродвигатели и преобразователи фотогальванических систем требуют надежного контроля тока в условиях сильных помех. По степени невосприимчивости к синфазным помехам устройства Si89xx до трех раз превосходят конкурирующие продукты. Устойчивость к быстрым переходным процессам со скоростью до 75 кВ/мкс гарантирует надежное и точное считывание результатов в тяжелых условиях эксплуатации промышленных приложений. Кроме того, семейство Si89xx поддерживает отказоустойчивую индикацию, извещающую хост-контроллер об исчезновении напряжения в верхней шине питания.

Типовая ошибка смещения устройств семейства Si89xx равна ± 40 мкВ, а ошибка усиления – $\pm 0.1\%$. Типовые значения дрейфа напряжения смещения и усиления составляют всего ± 0.15 мкВ/°C и -6 ppm/°C, соответственно, что гарантирует высокую точность измерений во всем диапазоне рабочих температур. Устройства обеспечивают самое высокое в отрасли типовое отношение сигнал/шум – до 90 дБ. Уникальный режим пониженной мощности автоматически снижает ток потребления на одной стороне изолирующего барьера примерно до 1 мА каждый раз, когда снимается питание с противоположной стороны, позволяя контроллеру управлять питанием с помощью простого полевого транзистора.

Широкий выбор проектных решений, предоставляемый приборами нового поколения Si89xx, поддерживается благодаря наличию следующих опций:

- Устройства, оптимизированные для измерения тока или напряжения, с несимметричным, дифференциальным или DSM выходом;
- Входные диапазоны ± 62.5 мВ, ± 250 мВ или 2.5 В;
- Корпус SOIC-8, удлиненный для обеспечения изоляции 5 кВ с.к.з., с путями утечки 9 мм по выводам и корпусу и компактный узкий корпус SOIC-8, поддерживающий напряжение изоляции 2.5 кВ с.к.з.

Цены и доступность

Единичные образцы микросхем Si892x/3x/4x в широких корпусах SOIC-8 уже доступны для заказа, а появление первых образцов версий в узких корпусах SOIC-8

ождается во втором квартале 2019 года. Начало массового производства устройств семейства Si89xx запланировано на 3 квартал 2019 года. Для ускорения разработки Silicon Labs предлагает широкий выбор оце-

ночных наборов. Информацию о стоимости микросхем и оценочных наборов можно получить в местных торговых представительствах и у официальных дистрибьюторов компании Silicon Labs.

ams представляет миниатюрный преобразователь время-цифровой код для оптических дальнометров и 3D сканеров

AS6500 в миниатюрном корпусе размером 6 мм × 6 мм измеряет временные интервалы с разрешением 10 пс

Компания ams представила новый высокоточный компактный преобразователь время-цифра с КМОП входами, предназначенный для использования в приложениях с ограничениями по стоимости и размерам.



Преобразователь AS6500 может измерять временные интервалы всего от 5 нс с точностью 10 пс. AS6500 является упрощенным вариантом уже выпускаемого ams четырехканального преобразователя TDC-GPX2, с тем же числом каналов и тем же разрешением 10 пс, но со скоростью выборки, уменьшенной до 1.5 Мвыб/с, и только с последовательным выходом SPI.

Благодаря высокой точности и высокой частоте дискретизации, лидары и оптические дальнометры в автомобилях, дронах и роботах могут исключительно подробно, точно и в широком поле зрения измерять дистанции до элементов объекта. В приложениях дополненной и виртуальной реальности высокая скорость выборки и точность до одного сантиметра позволяют в реальном времени поддерживать 3D визуализацию с высоким уровнем детализации.

AS6500 оптимизирован для снижения размеров, потребляемой мощности и цены. Так же как и TDC-GPX2, он содержит четыре изме-

рительных канала с разрешением до 20 пс с.к.з. на канал в нормальном режиме и 20 нс в режиме измерения интервалов между импульсами. Работая в двухканальном режиме высокой точности, AS6500 позволяет достичь максимального разрешения, улучшив эти значения до 10 пс с.к.з. и 5 нс, соответственно.

AS6500 выпускается в новом, более миниатюрном 40-контактном корпусе QFN с размерами 6 мм × 6 мм, благодаря чему он стал на 56% меньше, чем TDC-GPX2. Высокоинтегрированное устройство, включающее вход опорного тактового генератора 2...12.5 МГц, требует небольшого количества внешних компонентов.

Работая от источника питания 3.3 В, AS6500 расходует типовую мощность всего 60 мВт в нормальном режиме, а в режиме ожидания потребляет 60 мкА. Микросхема поддерживает КМОП интерфейсы с хост-системой и обеспечивает калиброванный цифровой выходной сигнал, доступный через стандартный последовательный периферийный интерфейс (SPI) для легкой обработки данных в управляющем контроллере или процессоре.



Комплект разработчика AS6500-QF_DK.

AS6500 идеально подходит для оптических приложений, включая одно-, двух- и трехмерные лазерные измерительные устройства общего назначения, системы контроля скорости, аппаратуру сканирования автотранспорта, системы распознавания объектов, времяпролетные масс-спектрометры, автоматизированные испытательные установки, биомедицинское и аналитическое оборудование.

ams предлагает также комплект разработчика AS6500-QF_DK, включающий программатор и графический интерфейс пользователя для ПК, позволяющий разработчикам в течение нескольких минут сконфигурировать устройство, подключить свои сигналы запуска и останова и начать измерения времени.

AS6500 уже выпускается в промышленных объемах. Для получения информации о ценах необходимо обратиться с запросом к ams.

Vishay представляет ультраяркие светодиоды в миниатюрных корпусах со сферическими линзами

Основанные на новейшей технологии InGaN на сапфире устройства с углом излучения $\pm 9^\circ$ обеспечивают силу света до 16,000 мкд

Оптоэлектронное подразделение компании Vishay Intertechnology представило две новые серии синих и истинно-зеленых ультраярких светодиодов в компактных полупрозрачных корпусах со сферическими линзами. Новейшая технология InGaN на сапфире и узкий угол излучения $\pm 9^\circ$, полученный без использования внешней линзы, обеспечивают чрезвычайно высокую яркость приборов серии VLDx1232x с типовой силой света до 16,000 мкд.



Благодаря высокой яркости и небольшим пластиковым корпусам размером 2.3 мм × 2.3 мм × 2.8 мм, новые светодиоды являются

идеальным выбором для надежной работы в широком диапазоне приложений, включая дорожные сигналы и знаки, внутреннее и наружное освещение, а также индикаторы и подсветку для аудио- и видеоаппаратуры, переключатели с ЖК индикацией и световую рекламу.

Устройства, доступные в версиях выводов типа «крыло чайки» и «обратное крыло чайки», обеспечивают высокий световой поток, выдерживают разряды статического электричества до 2 кВ (в соответствии с JESD22-A114-B) и классифицируются по светоотдаче и цвету для каждой единицы упаковки. Светодиоды серии VLDx1232x допускают пайку инфракрасным оплавлением припоя, не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green. Чувствительность приборов к влажности соответствует Уровню 2 стандарта J-STD-020.

Единичные образцы и промышленные партии приборов VLDx1232x доступны для приобретения. Срок поставки светодиодов составляет восемь недель.

Технические характеристики светодиодов

Прибор	Цвет	Диапазон силы света* (мкд)	Типовая длина волны (нм)	Типовое прямое напряжение* (В)
VLDB1232x	Синий	1800 ... 7100	465	3.0
VLDTG1232x	Истинно-зеленый	7100 ... 28000	525	2.9

*) При прямом токе 20 мА

STMicroelectronics оптимизировала IGBT для бытовых приборов с мягким переключением

Оптимизированные STMicroelectronics (ST) для обеспечения наилучших импульсных характеристик и характеристик проводимости в цепях с мягким переключением, 650-вольтовые IGBT STGWA40IH65DF и STGWA50IH65DF семейства STPOWER повышают энергоэффективность резонансных преобразователей, работающих на частотах коммутации от 16 кГц до 60 кГц.

650V IGBT IH series

maximize induction-heating efficiency



Расширяя семейство Trench Field Stop (TFS) IGBT для приложений с мягким переключением, которое также включает серии HB и HB2 для источников питания, сварочных аппаратов и солнечных инверторов, новые устройства серии IH идеально подходят для полумостовых схем, используемых в быто-

вых приборах, таких как индукционные плиты и другие приложения с мягким переключением. Теперь разработчики могут выбирать эти IGBT для улучшения энергетических характеристик своих изделий.

Транзисторы STGWA40IH65DF и STGWA50IH65DF, рассчитанные на максимальные токи 40 А и 50 А, соответственно, предназначены для приложений мощностью до 4 кВт. Благодаря низкому напряжению насыщения 1.5 В (типичное значение при номинальном токе) и низкому падению напряжения на встроенном шунтирующем диоде, эти IGBT сочетают в себе великолепные характеристики проводимости с низкими потерями выключения всего 0.19 мДж (типичное значение для 40-амперного прибора STGWA40IH65DF).

IGBT серии IH, рассчитанные на работу при максимальной температуре перехода 175 °С, имеют низкое тепловое сопротивление и положительный температурный коэффициент напряжения насыщения коллектор-эмиттер, повышающие надежность приборов.

IGBT STGWA40IH65DF и STGWA50IH65DF выпускаются серийно в корпусах TO-247 с длинными выводами. В ближайшее время ST планирует добавить 20- и 30-амперные версии в корпусах TO-247 и TO-220.

Почему гальваническая развязка увеличивает размеры импульсных преобразователей электрической энергии



Часть 1

Александр Русу, Одесса, Украина

Индуктивные элементы являются одними из самых больших, тяжелых и дорогих узлов преобразователей электрической энергии, поэтому вопросы уменьшения их размеров и массы всегда будут оставаться приоритетными для разработчиков. Как известно, существуют два фактора, непосредственно влияющих на эти параметры: рабочая частота и величина преобразуемой мощности. Чем выше частота и чем меньше преобразуемая мощность, тем более компактным и легким можно сделать индуктивный элемент. Одна-

ко максимальное значение рабочей частоты ограничено потерями, вызванными неидеальностью элементной базы, поэтому самым эффективным способом миниатюризации трансформаторов и дросселей, не приводящим к ухудшению КПД, остается только уменьшение величины преобразуемой мощности – скорости передачи энергии через их магнитные поля.

Если в схеме вся энергия, отдаваемая преобразователем в нагрузку, проходит через магнитное поле хотя бы одного индук-

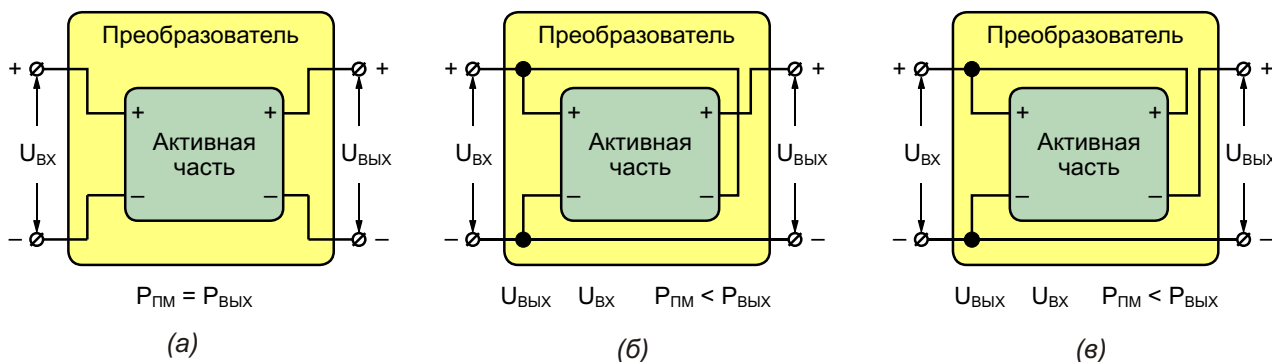


Рисунок 1. Варианты включения выхода активной части преобразователя.

тивного элемента, тогда его преобразуемая мощность $P_{\text{ПМ}}$ равна выходной мощности $P_{\text{ВЫХ}}$ (Рисунок 1а). Такие устройства обычно необходимы для приложений, требующих гальванической развязки входа и выхода. В этом случае вариантов для уменьшения массы и габаритов индуктивных элементов немного, и наиболее эффективным из них является преобразование как можно большего количества энергии с помощью трансформаторов [1], ведь в [2] было показано, что при прочих равных условиях трансформатор может быть до восьми раз меньше и легче дросселя.

Если гальваническая развязка не требуется, тогда выходное напряжение можно изменять путем включения активной части схемы (той части, что непосредственно преобразует параметры электрической энергии) по схеме вольтодобавки (Рисунок 1б) или вольтовывчитания (Рисунок 1в). Нетрудно определить, что в этом случае величина $P_{\text{ПМ}}$ становится зависимой от соотношения напряжений на входе $U_{\text{ВХ}}$ и выходе $U_{\text{ВЫХ}}$ преобразователя:

$$P_{\text{ПМ}} = P_{\text{ВЫХ}} \frac{|U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}|}{U_{\text{ВЫХ}}} \quad (1)$$

Отсутствие гальванической развязки позволяет также уменьшить уровень преоб-

разуемой мощности в случаях, когда вход активной части включен в разрыв между входом и выходом преобразователя, что характерно для импульсных преобразователей понижающего типа (Рисунок 2а). В [3] было показано, что для «классических» понижающей и повышающей схем (Рисунок 2) величину преобразуемой мощности можно определить по формуле:

$$P_{\text{ПМ}} = P_{\text{ВЫХ}} \left(1 - \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}\right) \quad \text{для понижающей схемы;} \quad (2)$$

$$P_{\text{ПМ}} = P_{\text{ВЫХ}} \left(1 - \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}}\right) \quad \text{для повышающей схемы.}$$

При этом для повышающей схемы (Рисунок 2б), использующей принцип вольтодобавки, величина преобразуемой мощности совпадает с формулой (1).

Однако кроме этих, существует еще несколько способов уменьшения величины преобразуемой мощности, о которых и пойдет речь в данной статье. Идеальным вариантом практического применения предлагаемых решений являются преобразователи переменного напряжения промышленной

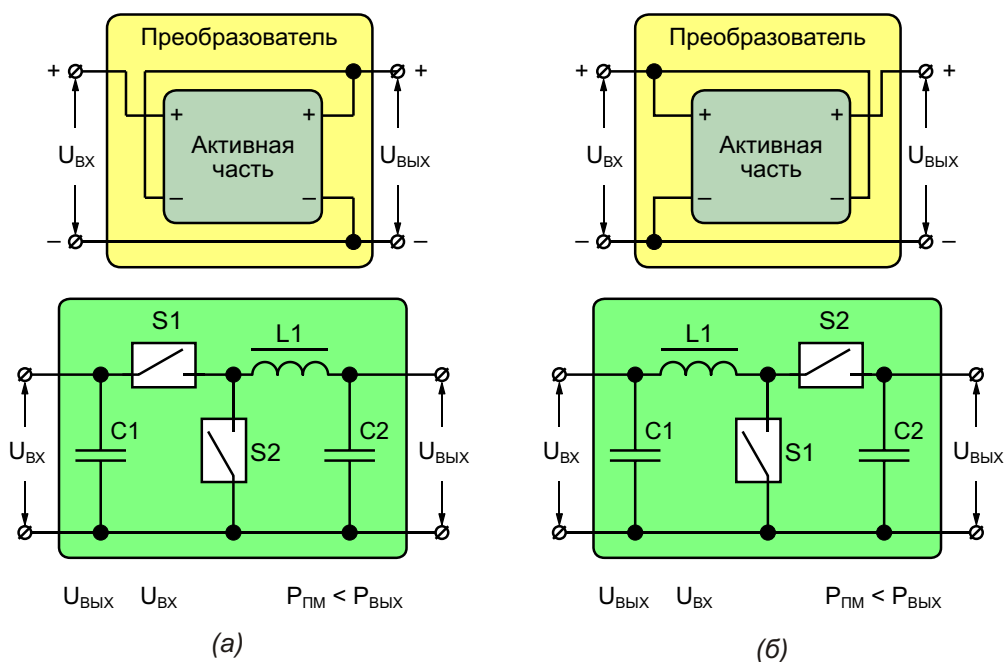


Рисунок 2. Схема включения активной части преобразователей понижающего (а) и повышающего (б) типов.

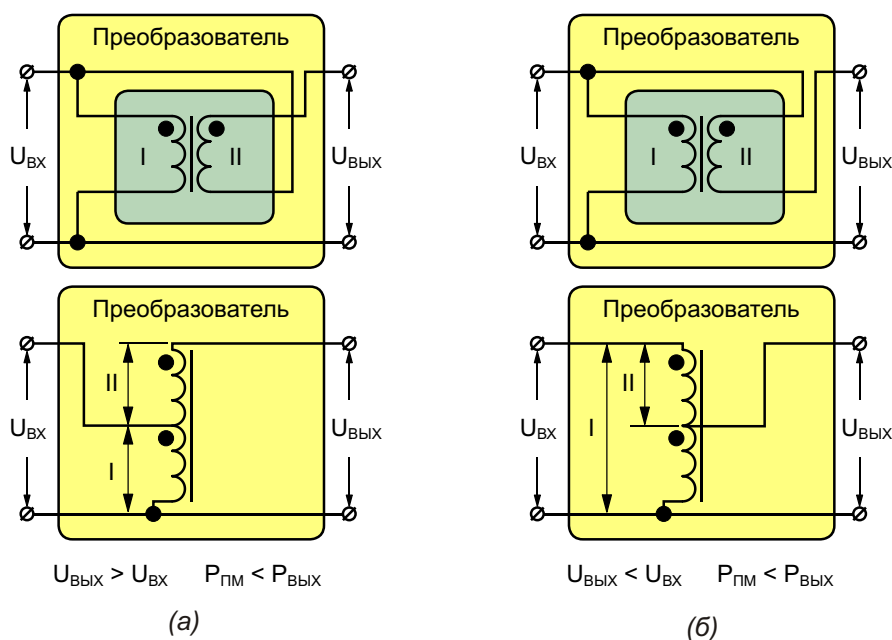


Рисунок 3. Изменение величины входного напряжения с помощью автотрансформатора в сторону увеличения (а) и уменьшения (б).

сети с частотой 50(60) Гц: стабилизаторы или регуляторы (ЛАТРы). Их особенностью является то, что в большинстве случаев гальваническая развязка для них не только не требуется, но и категорически противопоказана, ведь некоторые устройства, например, большинство моделей современных газовых котлов, требуют для своей работы неразрывного нулевого провода, электрически соединенного с землей.

Статьи о том, что импульсный метод преобразования электрической энергии пригоден не только для преобразования постоянного тока, уже публиковались на сайте РадиоЛоцман [4]. Кроме этого в [5] было показано, что импульсные преобразователи при выполнении определенных условий прекрасно поддерживают режимы холостого хода и рекуперации. А это означает, что схемы, о которых пойдет речь ниже, могут работать с любым видом нагрузки, в том числе и реактивной: индуктивной или емкостной, минимальный коэффициент мощности которой равен нулю.

Как устроены существующие преобразователи переменного напряжения

Поскольку в преобразователях напряжения промышленной сети гальваническая развязка не требуется, то для их построения

чаще всего используются автотрансформаторы (Рисунок 3). Принцип работы автотрансформатора аналогичен трансформатору, за исключением того, что через его магнитное поле проходит не вся мощность нагрузки, а только ее часть, которую можно определить по формуле (1). Использование автотрансформатора дает значительный выигрыш в массе и габаритах, особенно, если разница между входным и выходным напряжениями невелика. Так, например, в диапазоне входного (для стабилизаторов) или выходного (для ЛАТРов) напряжения от 150 В до 290 В величина преобразуемой мощности (мощности автотрансформатора) не превышает 35% от мощности нагрузки (Рисунок 4).

Однако любой трансформатор имеет серьезный недостаток – фиксированный коэффициент передачи, равный отношению числа витков первичной (I) и вторичной (II) обмоток. Поскольку во время работы устройства отмаывать или доматывать витки нет никакой возможности, то оперативная регулировка выходного напряжения становится серьезной технической проблемой.

Одним из вариантов ее решения является использование специальной конструкции автотрансформатора со скользящим контактом (Рисунок 5а, 5б), позволяющим изменять его коэффициент передачи и, соответствен-

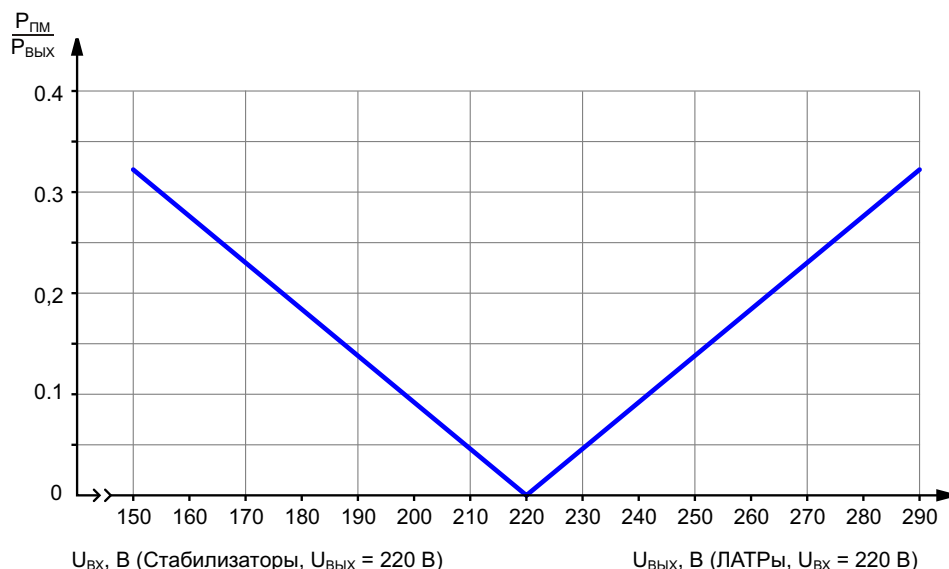


Рисунок 4. Зависимость преобразуемой мощности от величины входного (для стабилизаторов) и выходного (для ЛАТРов) напряжения.

но, относительно плавно регулировать выходное напряжение. Однако, несмотря на все старания инженеров, данное решение имеет крайне низкую надежность и быстродействие, поэтому на практике преобразователи на основе автотрансформаторов со скользящим контактом находят применение или в самых простых и дешевых устройствах, или в приложениях, не требующих частых регулировок.

Более сложным, но и более надежным решением является использование автотрансформаторов, обмотки которых содержат отводы (отпайки) (Рисунок 5в, 5г). В этом случае стоимость преобразователя напрямую зависит от количества отводов, ведь каждый из них должен коммутироваться с помощью мощного силового ключа (реле или тиристор/симистора), общая стоимость которых вместе с радиаторами охлаждения

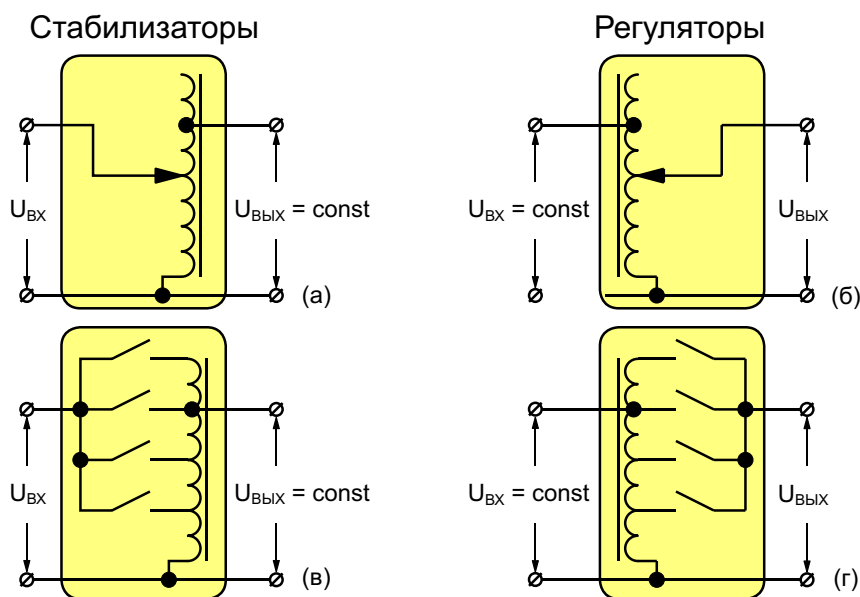


Рисунок 5. Схемы стабилизаторов и регуляторов переменного напряжения промышленной сети на основе автотрансформаторов со скользящим контактом (а, б) и отпайками (в, г).

полупроводниковых компонентов может превышать стоимость автотрансформатора. Точность установки выходного напряжения также определяется количеством отпаек. В самых простых устройствах регулировка выходного напряжения осуществляется с шагом 20 В, в самых дорогих – до 1 В. В некоторых случаях для точной стабилизации используют метод ФИМ, однако из-за искажений формы выходного напряжения он пригоден далеко не всегда.

Несмотря на одинаковый принцип работы, схемотехника стабилизаторов и ЛАТРов имеет некоторые отличия. Стабилизаторы работают в широком диапазоне входного напряжения – обычно от 150 В до 290 В, поддерживая выходное напряжение постоянным, как правило – 220 В. ЛАТРы – наоборот, предназначены для работы при относительно стабильном входном напряжении 220 В, в то время как их выходное напряжение может изменяться в широких пределах. На практике это приводит к тому, что коэффициент передачи автотрансформатора в стабилизаторах регулируется путем изменения количества витков обмотки, связанной с входом (Рисунок 5а, 5б), а в регуляторах – с выходом (Рисунок 5в, 5г). Такой подход позволяет использовать в стабилизаторах более дешевый автотрансформатор, однако при резких изменениях входного напряжения, например, при его резком увеличении, может произойти насыщение сердечника и срабатывание защиты от перегрузки по току.

Использование автотрансформатора, работающего на низкой частоте, до недавнего времени было практически единственным способом регулировки переменного напряжения. Даже сегодня, если проанализировать,

например, рынок стабилизаторов напряжения промышленной сети, то окажется, что большинство моделей основаны на использовании либо автотрансформатора со скользящим контактом (сервоприводные), либо с отпайками (релейные, тиристорные/симисторные). Те же самые принципы стабилизации напряжения сети используются и в источниках бесперебойного питания класса Line-Interactive, в которых выходное напряжение регулируется ступенчато с некоторым фиксированным шагом. Однако сейчас современная элементная база, в первую очередь, мощные высокочастотные диоды, MOSFET и IGBT, позволяет использовать для решения этих задач импульсные высокочастотные преобразователи, способные потенциально уменьшить массу и габариты преобразователей переменного напряжения промышленной частоты как минимум на порядок. **РЛ**

Список источников

1. Русу А.П. Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии // Радиолюцман – 2018. – №11. – С.26 – 30 (Часть 1). – №12. – С.26 – 30 (Часть 2).
2. Русу А.П. [«Зачем нужен трансформатор в импульсном преобразователе электрической энергии?»](#)
3. Русу А.П. [«Откуда появились базовые схемы преобразователей»](#).
4. Русу А.П. [«Импульсное преобразование переменного тока»](#).
5. Русу А.П. [«Почему импульсные преобразователи "не любят" "легкую" нагрузку»](#).
6. Русу А.П. Чем отличается понижающий преобразователь от повышающего? // Радиолюцман – 2019. – №1. – С.26 – 31 (Часть 1). – №2. – С.22 – 25 (Часть 2).

Окончание в следующем номере

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование

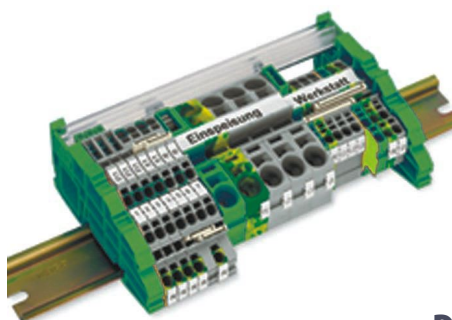


»»» **JOKARI**[®]
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



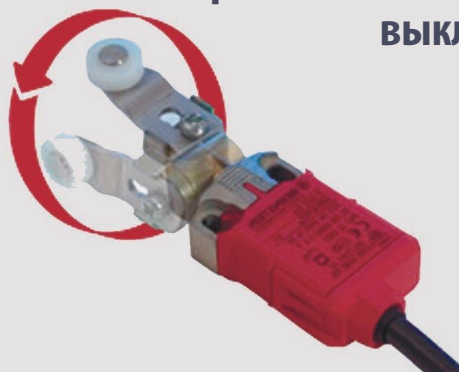
WAGO[®]
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат

BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU



Как увеличить время автономной работы носимых устройств

Часть 2

Окончание. Начало в номере 02-2019

Paul Pickering

Electronic Design

Рассмотрим еще два наиболее важных блока СУАБ для портативных и носимых устройств: зарядное устройство и измеритель уровня заряда.

Зарядное устройство

Зарядное устройство должно постоянно контролировать состояние литий-ионного аккумулятора в процессе зарядки, чтобы поддерживать его в области безопасной работы.

Как мы упоминали ранее, литий-ионные элементы очень чувствительны к выходу за пределы области безопасной работы, и зарядное устройство должно точно соблюдать последовательность этапов зарядки. Например, глубоко разряженная батарея не может без перегрева принять полный зарядный ток, поэтому зарядка начинается с подготовительной фазы, заключающейся в подаче в течение определенного времени заранее заданного тока меньшей величины. И только после того, как напряжение на батарее поднимется до безопасного уровня, зарядное устройство резко увеличивает напряжение до заданного значения, одновременно контролируя температуру микросхемы, чтобы не

допустить ее перегрева. Это называется этапом термостабилизации.

На этапе «быстрой зарядки» аккумулятор заряжается предустановленным стабилизированным током, величина которого зависит от его емкости батареи. При этом напряжение батареи постепенно увеличивается, пока не достигнет, в зависимости от электрохимической схемы, значения 4.1 В или 4.2 В.

На следующем этапе для предотвращения перезаряда зарядное устройство переключается в режим стабилизации напряжения. При постоянном напряжении батареи, по мере увеличения ее заряда, зарядный ток постепенно уменьшается. Когда ток достигает величины отключения, процесс зарядки прекращается. Как мы уже видели, для носимого устройства точный контроль тока окончания заряда является обязательным условием максимального использования емкости батареи.

Texas Instruments выпускает несколько зарядных устройств, подходящих для портативного и носимого оборудования. Например, для самых миниатюрных аккумуляторов, используемых в слуховых аппаратах, хорошим выбором будут микросхемы семе-

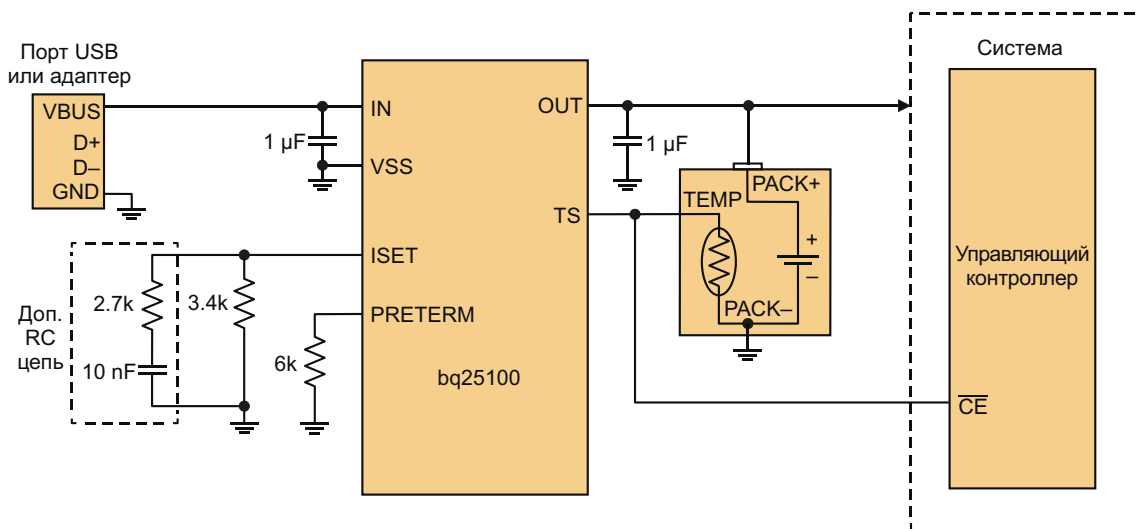


Рисунок 4. Контроллер Bq25100 может поддерживать выходное напряжение с точностью 1% и обеспечивать зарядный ток до 250 мА с точностью до 10%. Дополнительная RC-цепочка улучшает стабильность тока при значениях менее 50 мА.

йства bq2510x (Рисунок 4). Эти высокоинтегрированные компактные контроллеры одноэлементных литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов, выпускаемые в корпусах на основе перевернутого кристалла с размерами 1.6 мм × 0.9 мм, позволяют создать законченное решение на плате площадью всего 2.1 мм × 2.2 мм. Ток окончания заряда bq2510x составляет менее 1 мА, что дает возможность максимально использовать

доступную емкость, а сверхнизкий ток утечки не превышает 75 нА.

На Рисунке 5 показан профиль заряда, реализуемый микросхемой bq2510x. Высокая гибкость зарядного устройства позволяет разработчику программировать ток предварительного и быстрого заряда, а также ток отключения. Микросхема может работать как от USB-порта (с ограничением потребления на уровне 100 мА), так и от сетевого адапте-

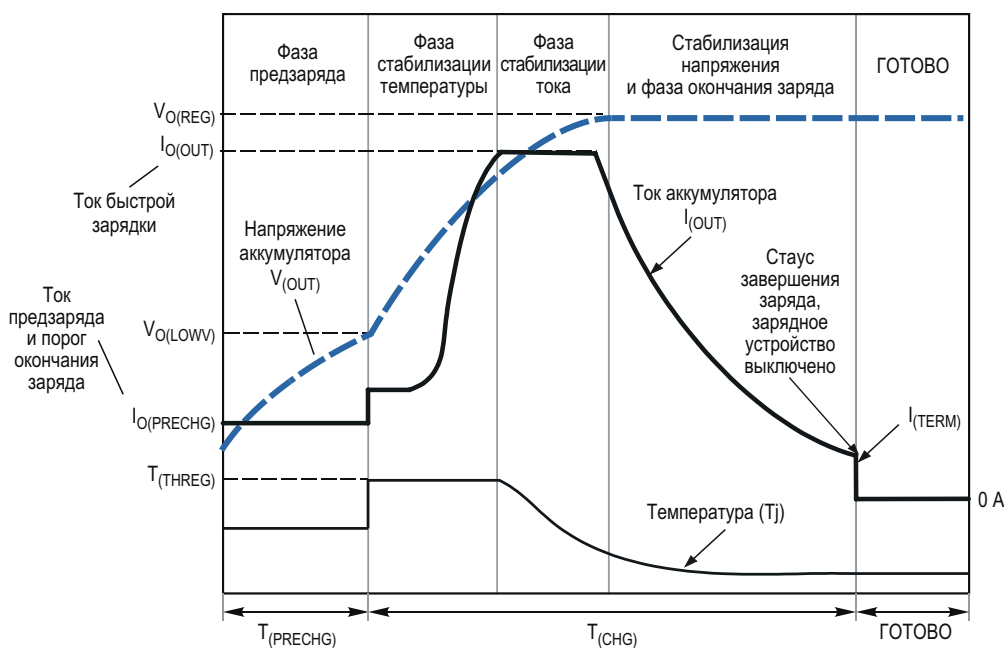


Рисунок 5. Контроллеры семейства bq2510x поддерживают точный профиль зарядки, гарантирующий безопасную работу и максимальный срок службы аккумуляторной батареи.

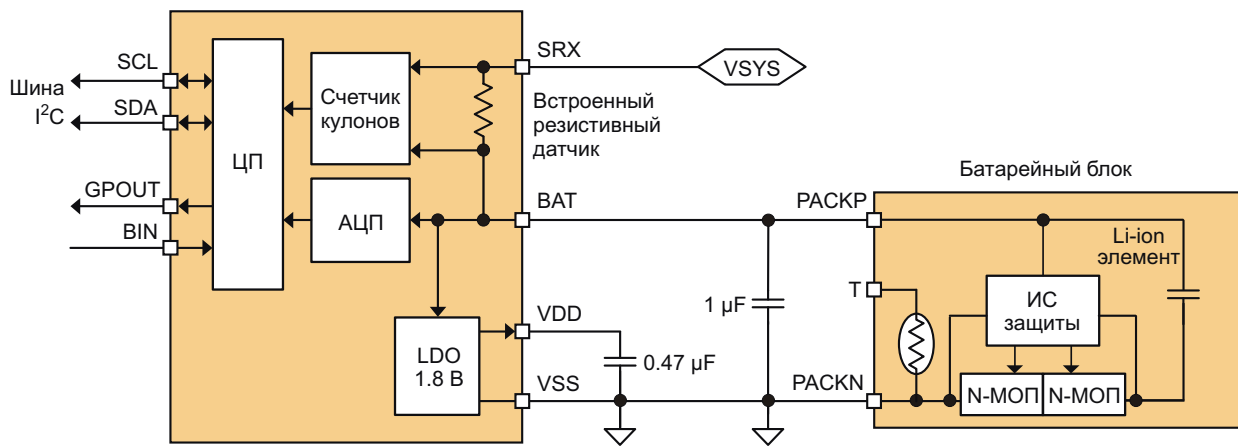


Рисунок 6. Измеритель уровня bq27421-G1 определяет количество заряда и оставшийся срок службы аккумулятора с минимальным вовлечением микроконтроллера.

ра. В число встроенных системных функций безопасности bq2510x входят блокировка при повышенном входном напряжении и тепловая защита. Кроме того, микросхема позволяет контролировать температуру батареи с помощью внешнего терморезистора, подключаемого к выводу TS.

Приложениям с аккумуляторами большей емкости необходимы зарядные токи большей величины. В таких случаях можно использовать контроллер bq24040, обеспечивающий выходной ток от 10 мА до 1 А при токе отключения 6 мА. Законченное решение, выполненное на основе этого контроллера, занимает на плате площадь 2.5 мм × 3.5 мм. Эти популярные линейные зарядные контроллеры для маломощных приложений имеют ряд полезных функций, в числе которых индикатор статуса зарядки и программируемые уровни токов предзаряда и отключения.

Напряжение зарядки литий-ионного элемента зависит от его электрохимической схемы. Например, для элементов с катодом из оксида никель-марганец-кобальта эта величина равна 4.2 В, поэтому возможность выбора зарядного напряжения имеет большое значение для разработчиков. В зависимости от модификации, микросхемы семейства bq24040 могут поддерживать зарядные напряжения 4.2 В и 4.35 В, а bq2510x – 4.06 В, 4.2 В, 4.3 В и 4.35 В.

Измеритель уровня заряда

Еще одним ключевым компонентом СУАБ носимых устройств является измеритель

уровня заряда. Этот компонент прогнозирует количество оставшегося заряда и другие характеристики одноэлементного литий-ионного аккумулятора. Количество оставшейся энергии обычно определяется в виде степени зарядки и может принимать значения от 0% (аккумулятор разряжен) до 100% (полный заряд). Кроме того, измеритель выполняет оценку текущего состояния батареи, позволяющую прогнозировать остаточный срок ее эксплуатации.

Ключевой частью высокоточных измерителей уровня заряда Texas Instruments является запатентованный алгоритм слежения за внутренним сопротивлением элементов (Impedance Track). Этот алгоритм различает три состояния батареи: заряд, релаксация (отсутствие нагрузки) и разряд. Во время заряда и разряда он измеряет протекающий ток, и ежесекундно перерасчитывает изменение глубины разряда. Обнаружив состояние релаксации, алгоритм измеряет напряжение холостого хода, корректирует любой остаточный ток, а затем обновляет исходное значение глубины разряда путем линейной интерполяции с помощью таблицы, учитывающей химическую структуру конкретного аккумулятора.

Этот алгоритм позволяет на протяжении всего срока службы батареи с высокой точностью предсказывать количество заряда в самых разных условиях эксплуатации.

Самым малопотребляющим измерителем уровня заряда одноэлементных литий-ионных аккумуляторов является выпускае-

мая Texas Instruments микросхема bq27421-G1 (Рисунок 6), поддерживающая технологию Impedance Track. Она выпускается в идеальном для носимых приложений корпусе на основе перевернутого кристалла с размерами 1.62 мм × 1.58 мм, имеющем девять шариковых контактов, расположенных с шагом 0.5 мм. Определение степени заряда и разряда батареи основано на измерении напряжения, падающего на интегрированном токоизмерительном резисторе сопротивлением 7 мОм, с помощью метода, называемого подсчетом кулонов.

Для оценки температуры аккумулятора Bq27421-G1 содержит встроенный датчик. Альтернативно, информация о температуре может быть предоставлена системным микроконтроллером.

Кроме того, bq27421-G1 имеет несколько режимов низкого энергопотребления, улучшающих КПД системы: инициализация, нормальный режим, останов и сон. При этом в спящем режиме прибор потребляет всего 600 нА, что пренебрежимо мало по сравнению с током саморазряда литий-ионного элемента.

Bq27421-G1 прост и гибок в настройке и выборе типа аккумуляторной батареи. Информацию о глубине разряда системный

микроконтроллер может получать с помощью стандартной последовательной шины I²C.

Заключение

Постоянно расширяющийся список необходимых функций, жестко ограниченное пространство для размещения элемента питания и требование увеличения времени работы носимого устройства ставят перед разработчиком системы питания сложную задачу. Чтобы максимально использовать доступную емкость, необходим системный подход к повышению энергоэффективности в сочетании со специальными компонентами, жестко контролирующими работу батареи при минимальном потреблении энергии.

Портфель продуктов Texas Instruments для управления одноэлементными аккумуляторами предоставляет разработчикам, желающим создавать компактные приборы, множество вариантов выбора, которые позволяют максимально увеличить время работы носимых приложений. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments bq24040](#)
2. [Datasheet Texas Instruments bq25100](#)
3. [Datasheet Texas Instruments bq27421-G1](#)

Что случилось с компактными люминесцентными лампами?

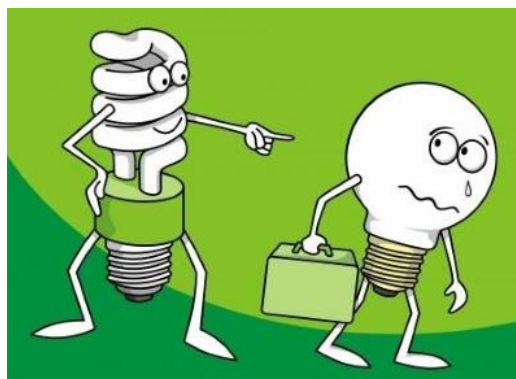
Bill Schweber

EE Times

Не так давно считалось, что компактные люминесцентные лампы в будущем станут эффективным и, возможно, доминирующим источником света, но это будущее длилось недолго. Из случившегося можно извлечь более общий урок, касающийся не только сферы осветительных приборов.

Совсем недавно компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) были провозглашены «новым хитом» обозримого будущего бытового и офисного освещения. И они пользовались определенным успехом, по крайней мере, некоторое время. Их использование имело смысл, поскольку они экономили значительную энергию, обеспечивая эффективность 7-10% (55-70 люмен на ватт, а часто даже больше), против 2-5% (примерно 13-18 люмен на ватт) у ламп накаливания. Они также подходили ко многим существующим светильникам, и хотя стоили они дороже – от \$1 до нескольких долларов за штуку против ламп накаливания, цена которых составляла порядка \$0.50-\$1, – большой срок службы и меньшая общая стоимость владения являлись сильными аргументами в их пользу.

Но времена меняются, и меняются быстро, по крайней мере, когда речь идет о технологиях. При недавнем посещении крупных местных супермаркетов – Home Depot и Lowe's – и небольших магазинчиков бытовых приборов я не смог найти ни одной КЛЛ. На их месте располагалась обширная экспозиция светодиодных ламп всех размеров и стилей, в том



числе миньонов. Похоже, что минута славы КЛЛ наступила быстро, а прошла еще быстрее. Для обеих лампочек, конечно, непосредственными движущими факторами рынка были более низкие расходы на эксплуатацию (в том числе, затраты на замену ламп) и больший срок службы, а также ужесточение нормативных требований во всем мире.

Так что же произошло? По-видимому, КЛЛ были выведены из игры вследствие совпадения нескольких факторов. Среди них наиболее значимым оказалось, скорее всего, то, что светодиоды сравнялись по стоимости с КЛЛ при близких показателях эффективности, обладая при этом другими преимуществами: более привлекательным внешним видом, лучшими цветовыми характеристиками и наличием вариантов для выбора (цветовая температура и индекс цветопередачи, CRI). Кроме того, они лучше подходили к уже существующим и новым светильникам.

Есть и другая причина, по которой светодиоды быстро оставили КЛЛ позади – это простота регулировки яркости. Хотя способы диммирования КЛЛ, питающихся напрямую от сети переменного тока, существуют, реализовать такое управление в цоколе люминесцентной лампы было очень непросто, и поставщикам интегральных схем пришлось приложить значительные усилия, чтобы сделать это возможным. Что еще хуже, регулируемые КЛЛ должны были быть совместимы с широко распространенными недорогими диммерами на основе симисторов, уже установленными в миллионах домов. Экономичный и эффективный метод управления яркостью с помощью симистора, основанный на ШИМ с контролем пересечением нуля, требовалось «перенести» на КЛЛ. Потребитель был бы разочарован КЛЛ с маркировкой на упаковке «нерегулируемая», которую он не увидел или не прочитал при покупке, а затем разозлился бы, когда она не захотела бы работать или регулироваться в патроне, в котором раньше отлично работала и регулировалась лампа накаливания.

Явным признаком заката КЛЛ является сложность поиска рыночной информации, которая была бы актуальна на сегодняшний день. Существует блестящий набор прогнозов, сделанных в 2009 году [1], доклад 2012 года от консалтинговой компании McKinsey & Company [2] и в некотором роде пророческий отчет 2014 года от ACEEE [3]. Но найти и сопоставить рыночные показатели для КЛЛ и светодиодов для более позднего периода очень трудно. Во всяком случае, сделать это на основании скромного количества моих исследований и отчетов оказалось невозможно.

Можно ли извлечь урок из истории конкуренции КЛЛ и светодиодов? Во-первых, долгосрочные прогнозы о «следующих прорывах» очень рискованны, так как случаются непредвиденные «проколы» (например, в 1950 году казалось, что рынок электровакуумных приборов будет стремительно расти в «обозримом» будущем), в то время как предвидимые события, такие как захват позиций светодиодами, могут занять гораздо меньше или больше времени, чем предсказывают аналитики.

Во-вторых, то, что кажется «вечным» сегодня, на практике оказывается лишь иллюзией. Сегодня многие обеспокоены доминиро-

ванием и степенью проникновения на рынок Facebook и других компаний, специализирующихся на Интернет-сервисах, и это беспокойство обосновано. Но Facebook не обязательно будет существовать вечно. Пейзаж изобилует буквальными и фигуральными скелетами компаний, имевших подобное доминирование и влияние в одной или многих областях, таких как RCA (или даже GE сегодня!), которые теперь существуют только в качестве маркетинговых табличек, принадлежащих лицензирующей компании [4].

В других случаях остается не скелет, но очень изменившаяся и значительно менее доминирующая компания или несколько компаний. На заре существования ПК «лидеры общественного мнения» беспокоились, что все наше будущее – возможно даже навсегда – будут контролировать ПК от IBM, микропроцессоры Intel и операционная система Microsoft. Что ж, IBM на 100% ушла с рынка ПК (настольных и ноутбуков), Intel все еще является основной фигурой на рынке процессоров, но гораздо менее доминирующей, а Windows – крупная компания по разработке ПО, но не единственная, особенно в сегменте смартфонов и встраиваемых приложений. Как якобы шутил легенда бейсбола и философ Йоги Берра: «Очень сложно делать предсказания, особенно в отношении будущего».

Что же придет на смену светодиодам в сфере осветительных приборов? Я не имею понятия. Может быть, кто-нибудь сможет дать правильный прогноз. Это может быть улучшенная версия светодиодов, или, возможно, квантовые точки, или какая-то технология о которой мы в настоящее время даже не догадываемся.

Видели ли вы какие-либо последние достоверные статистические данные о КЛЛ? Какова ваша точка зрения на взлет и падение КЛЛ в сравнении со светодиодами, и какой урок мы можем из этого извлечь? **РЛ**

Ссылки

1. [“CFL Market Overview, ENERGY STAR Lighting Partner Meeting”](#)
2. [“Lighting the way: Perspectives on the global lighting market”](#)
3. [“Are LEDs the Next CFL: A Diffusion of Innovation Analysis”](#)
4. [“Color TV: How One Man's Obsession Produced a Technology Revolution”](#)

Развитие навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.



История создания ГНСС GPS и ГЛОНАСС

Юрий Петропавловский

Работы по созданию навигационных спутниковых систем (НСС) в СССР начались в середине 1960-годов, однако идея создания таких систем зародилась значительно раньше (в 1956 году) в стенах Научно-исследовательского гидрографического штурманского института – НИИ-9 ВМФ (НИГШИ ВМФ, г. Ленинград). Идею высказал старший научный сотрудник этого института Вадим Алексеевич Фуфаев (есть и другие претенденты на первенство этой идеи). В институте была создана инициативная группа по исследованиям возможностей создания спутниковой навигационной системы различными методами (доплеровским, дальномерным и угловым) под руководством В. А. Фуфаева и Е. Ф. Суворова). Дальнейшие разработки проводились в 1958-1959 годах совместно с подмосковным НИИ-4 МО. В 1960 году был разработан эскизный проект (аванпроект) первой советской низкоорбитальной спутниковой навигационной системы (СРНС), однако дальнейшего продолжения проекта по различным причинам не последовало.

Необходимость создания собственной НСС, в первую очередь, была вызвана требованием достижения паритета в морской составляющей ядерных вооружений между СССР и США, поскольку уже в 1964 году на вооружение ВМС США была сдана НСС под названием NAVSAT или NNSS (Navy Navigational Satellite System) в составе орбитальной группировки из четырех спутников Transit на низких полярных орбитах.

NNSS или Transit была разработана совместно Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) и Лабораторией прикладной физики (APL) университета Дж. Гопкинса под руководством доктора Ричарда Кершнера (Richard Kerschner, 1913-1982 гг. (Рисунок 1) по заказу ВМФ США и являлась первой в мире действующей НСС. Идея о возможности создания спутниковой системы навигации обрела очертания сразу после запуска первого советского искусственного



Рисунок 1. Ричард Кершнер.



Рисунок 2. Подготовка к запуску космического аппарата Transit-2F.

спутника земли 4 октября 1957 года. Наблюдая за его сигналами, сотрудники APL Уильям Гиер (William Guier) и Джордж Вейффенбах (George Weiffenbach) смогли определить его орбиту методом измерения доплерского сдвига частоты сигнала, передаваемого спутником. Стоит заметить, что за сигналами первого спутника наблюдали радиолюбители

всего мира; частоты сигналов 20.005 МГц и 40.002 МГц лежали вблизи любительских диапазонов 15 метров и 38-40 МГц. (В СССР этот диапазон был выделен для радиолюбителей в 1955 году).

Разработка Transit началась в 1958 году, в 1959 году был неудачно запущен прототип спутника Transit 1A, второй спутник Transit 1B был успешно выведен на орбиту в апреле 1960 года. Навигационная система NNSS была полностью введена в эксплуатацию в 1964 году. На Рисунке 2 показана подготовка к запуску спутника Transit 2F. В 1967 году NNSS стала доступной для гражданских судов не только США, но и других стран (кроме социалистических). На Рисунке 3 показаны судовой навигационный приемник сигналов НСС Transit и оборудование наземной станции слежения того времени.

По различным причинам в военной космической программе СССР раннего периода создание НСС не было предусмотрено, и только в 1964 году вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР о создании навигационно-связной спутниковой системы в интересах ВМФ. К разработке НСС первого поколения, получившей название «Циклон», были привлечены различные организации. Практическую разработку системы в роли головной организации обеспечивало КБ прикладной механики МОМ (г. Красноярск-26) под руководством главного конструктора Михаила Федо-

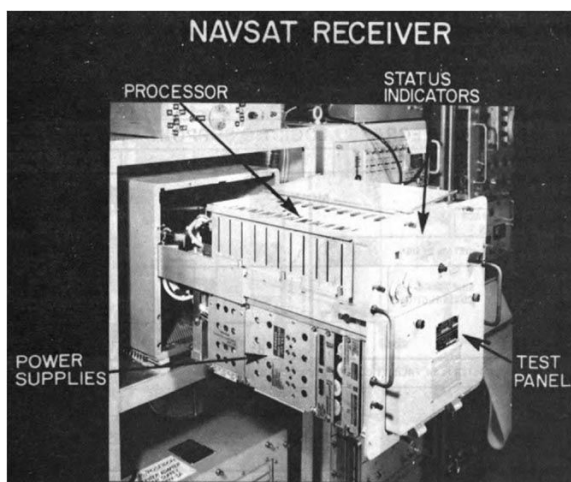
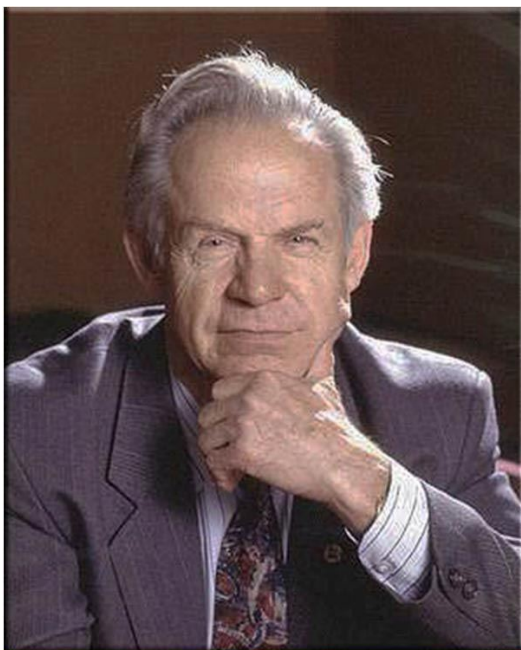


Рисунок 3. Навигационный приемник сигналов НСС Transit и оборудование наземной станции слежения. 2 – таймер-счетчик, 6 – приемник слежения за сигналами спутников, 9 – блок оцифровки и тактовых сигналов, 10 – мастер-генератор тактовых сигналов, 12 – перфоратор бумажной ленты регистратора сигналов, 13 – коротковолновый приемник.



(a)



Рисунок 4. М. Ф. Решетнев (а); памятник М. Ф. Решетневу в г. Железногорске (б); здания Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева (СибГАУ) в г. Красноярске (в).

ровича Решетнева (Рисунок 4). За свою историю это КБ не раз меняло название (ОКБ-10, КБ ПМ, НПО ПМ); в настоящее время это ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» (ОАО ИСС, г. Железногорск).

Запуск первого экспериментального навигационно-связного КА «Циклон» (спутник 11Ф617/Космос-192) был осуществлен в ноябре 1967 года с космодрома «Плесецк» ракетой-носителем «Космос-3М». Спутник вращался по круговой орбите высотой 740 км с периодом 100 минут и наклоном 74 градуса. Всего было запущено 11 КА этого типа (последний – в 1972 году) с высотой орбиты 750-1000 км. В 1971 году экспериментальная система из четырех «Циклонов» под названием «Залив» была принята в опытную эксплуатацию ВМФ. Начиная с 1973 года спутники для системы «Залив» получали такие же названия, первый КА «Залив-1» (Космос-574) был запущен в мае 1973 года, последний «Залив-15» – в июле 1978 года. Для измерения горизонтальных координат судов в системе «Циклон» использовался доплеровский метод измерений. В отличие от американских «Транзитов», КА «Циклон» были оснащены ретран-

сляторами, обеспечивающими радиотелеграфную связь подводных лодок и кораблей ВМФ с командными пунктами и между собой.

На основе полученных результатов летных испытаний спутники «Циклон» и сама система были модернизированы, и в 1976 году в эксплуатацию была введена навигационно-связная спутниковая система под названием «Парус» в составе шести космических аппаратов (КА) «Циклон-Б». С помощью системы можно было определить горизонтальные координаты судна с точностью 250-300 метров.

Следует отметить, что в СССР была реализована НСС и для гражданских министерств и ведомств. В 1974 году была начата разработка НСС под названием «Цикада», предназначенная как для ВМФ, так и для гражданских потребителей. Спутники системы имели такое же название; первый КА «Цикада» (Космос-883) был запущен в декабре 1976 года, девятнадцатый (Космос-2230) – в январе 1993 года. По внешнему виду все типы советских навигационных КА первого поколения весьма похожи (Рисунок 5).

В США идея создания высокоточной системы спутниковой навигации «материализо-



(а) (б)
Рисунок 5. КА «Циклон» (а), «Надежда» (б).

валась» во время уик-энда в день труда в 1973 году на встрече заинтересованных офицеров Пентагона. На встрече было обсуждено создание навигационной спутниковой системы обороны (DNSS). Идея состояла в объединении технических решений всех существующих на то время навигационных систем (кроме NNSS были и другие). Реализация проекта глобальной системы позиционирования GPS потребовала значительных усилий различных ведомств и организаций. На первом этапе предполагалось вывести на орбиту 10 космических аппаратов Block-I, запуски которых состоялись в период 1978-1985 годов, в 1989-1990 годах было запущено 9 КА Block-II (Рисунок 6), а в 1990 году система GPS начала функционировать.

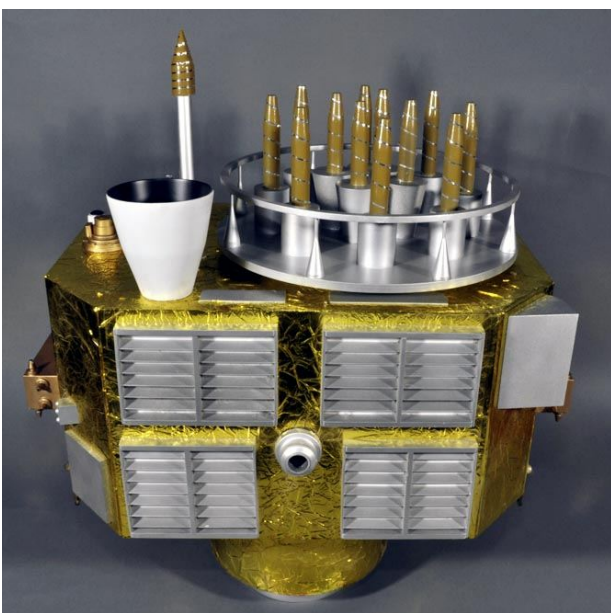


Рисунок 6. Макет КА Block-II.

Международное сотрудничество в области спутниковой навигации началось после подписания в 1979 году в Ленинграде представителями СССР, США, Франции и Канады меморандума о сотрудничестве сторон в проекте совместной спутниковой системы поиска и спасения «КОСПАС-SARSAT». Первый КА для советского сегмента «КОСПАС-SARSAT» под названием «Циклон-Н» или «Надежда», изготовленный в ПО «Полет», был выведен на навигационную орбиту в июне 1982 года. 10 сентября с этого (в то время единственного) спутника был получен сигнал аварийного радиомаяка канадского самолета, потерпевшего крушение в горах Британской Колумбии (провинция Канады); в результате удалось спасти трех человек. Полномасштабное использование системы «КОСПАС-SARSAT» началось в 1985 году. Международные организации IMO и ICAO приняли решение об обязательном оснащении судов и самолетов радиомаяками системы с 1995 и 2005 года, соответственно.

В СССР НСС для гражданских потребителей, обеспечивающую высокоточное определение положения объектов в трех координатах, начали разрабатывать в середине 1970-х годов. Эскизный проект навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС был разработан в 1978 году, а работы по ее реализации начались в 1979 году в соответствии с постановлением ЦК КПСС и СМ СССР и решениями военно-промышленной комиссии (ВПК) СМ СССР.

Строящаяся глобальная НСС (ГНСС) должна была состоять из 24 КА на круговых орбитах высотой 19140 км. Вывод КА предполагалось осуществлять группами по 3 КА ракетой-носителем «Протон-К» тяжелого класса с

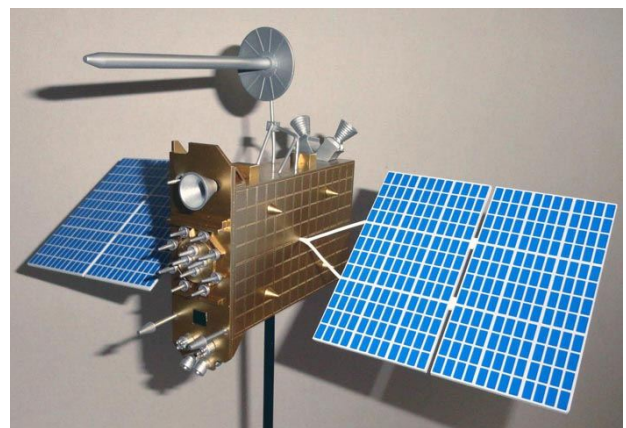


Рисунок 7. Макет КА «Глонасс».

разгонным блоком ДМ. Однако по разным причинам такой порядок реализовать не удалось, и первый спутник «Глонасс» был запущен в октябре 1982 года с космодрома Байконур в блоке с двумя макетами. Последующие шесть запусков выводили по два КА и одному макету (Рисунок 7).

В ходе летных испытаний системы ГЛОНАСС выявился ряд технических проблем, обусловленных требованиями высокой точности определения и прогнозирования орбитальных параметров (эфемерид) порядка единиц метров и наносекундной точности синхронизации бортовых шкал времени. Для решения возникших проблем по инициативе НПО ПМ в 1984 году был разработан пассивный геодезический спутник «Эталон», представляющий собой массивную сферу диаметром 1294 мм и массой 1345 кг. С помощью «Эталона» удалось точно рассчитать силу действующего на него светового давления и гравитационного воздействия Земли, Луны и Солнца. Измерения параметров орбиты «Эталона» производились с помощью квантово-оптических (лазерных) средств, сигналы запроса которых отражались от более 2000 уголкового отражателей, размещенных по всей поверхности спутника. По результатам обработки большого объема квантово-оптических дальномерных измерений была создана согласующая модель движения спутников по навигационной орбите ГЛОНАСС, что позволило значительно повысить точность расчета эфемерид КА.

После проведения доработок по результатам испытаний в 1991 году и доведения числа КА до 12 ГНСС ГЛОНАСС распоряжением президента РФ была введена в эксплуатацию в сентябре 1993 года. В 1995 году ГЛОНАСС была развернута в полном составе (24 КА), и решением правительства РФ была представлена для гражданского пользования в международные организации ИСАО и ИМО.

Гражданское использование GPS началось после гибели корейского авиалайнера Boeing 747 рейса KAL007, нарушившего воздушное пространство СССР вследствие навигационной ошибки, и запрета полетов в районе Сахалина и острова Монерон. Президент Рональд Рейган издал директиву, разрешающую использование GPS гражданскими службами после ввода системы в эксплуатацию, что случилось в 1994 году после полного укомплектования спутниковой группировки

(24 КА). Следует отметить, что GPS управляется правительством США, которое может в любой момент лишить доступа к системе или ухудшить точность определения координат. Такое отключение было сделано, например, в отношении индийских военных в 1999 году во время Индо-пакистанского пограничного конфликта в Каргиле. Следует также отметить, что до 2000 года в сигналы GPS гражданского сектора намеренно закладывалась ошибка в определении координат в 10 метров, тем не менее, GPS-навигацией пользовались миллионы обычных потребителей по всему миру.

Второй этап в создании ГЛОНАСС был оформлен (работы по нему велись еще со времен СССР) в федеральной целевой программе «Глобальная навигационная система» (ФЦП ГНС), утвержденной постановлением правительства РФ в августе 2001 года. Первый КА второго поколения «Глонасс-М» по ФЦП ГНС был запущен в декабре 2003 года вместе с двумя КА «Глонасс». КА «Глонасс-М» (Рисунок 8) со сроком активного существования (САС) 7 лет отличается от стандартных «Глонассов» улучшенными тактико-техническими характеристиками. В оборудовании «Глонасс-М» был применен ряд новых технологических решений, таких, как использование новых типов радиосигналов в диапазоне L3 (1202.25 МГц), рубидиевых стандартов частоты, межспутниковых лазерных линий, литий-ионных аккумуляторов, новых бортовых ЦВМ (центральных вычислительных машин). На Рисунке 9 приведен график запусков КА системы ГЛОНАСС (до 2012 года).

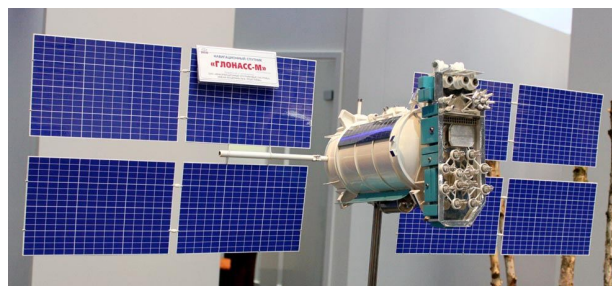


Рисунок 8. КА «Глонасс-М».

Дальнейшее развитие системы ГЛОНАСС осуществляется в соответствии с федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы», утвержденной постановлением Правительства РФ в

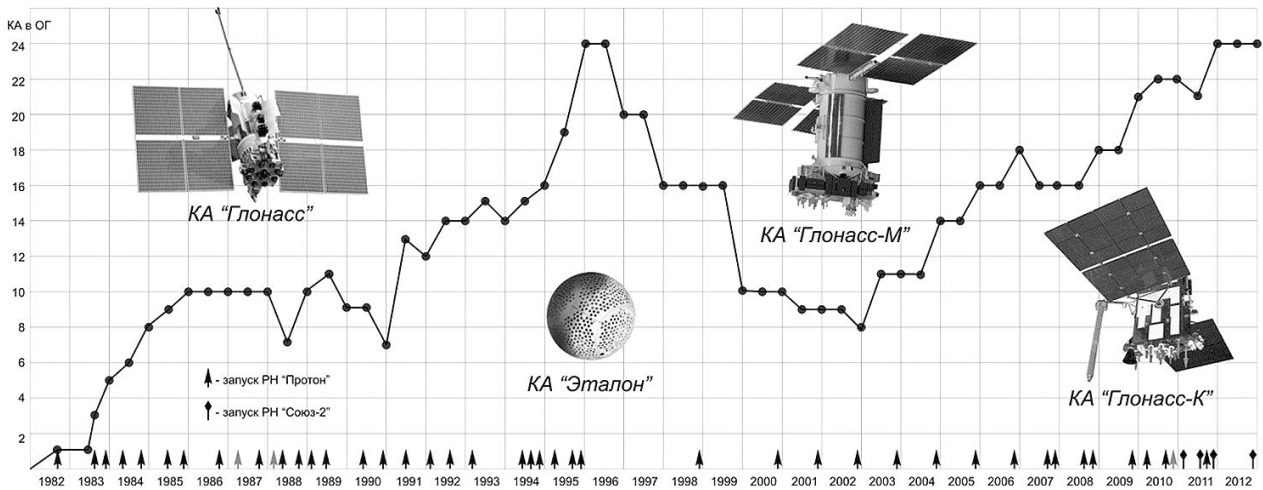


Рисунок 9. График запусков КА «Глонасс»/М/К.

марте 2012 года. КА «Глонасс-М» выпускались до 2015 года, на смену им пришли КА третьего поколения «Глонасс-К» (Рисунок 10), первый из которых был запущен в феврале 2011 года с космодрома Плесецк. Спутники «Глонасс-К» с САС 10 лет выполнены на базе негерметичной платформы «Экспресс 1000», аппаратура КА рассчитана для работы в условиях открытого космоса, что позволило снизить массу аппарата до 935 кг (у «Глонасс-М» – 1415 кг), а мощность электропитания увеличить до 1.6 кВт. В состав оборудования спутника входит и аппаратура для международной системы спасения «КОСПАС-SARSAT». Кроме основной аппаратуры для ГНСС ГЛОНАСС в «Глонасс-К»

устанавливается дополнительный блок для работы в формате CDMA, совместимом с сигналами систем GPS/Galileo, что существенно облегчает построение мультисистемных навигационных приемников. КА «Глонасс-К» выполнены полностью на российских комплектующих.

В 2018 году закончилась разработка модернизированного КА «Глонасс-К2», дата запуска которого пока не определена. В настоящее время орбитальная группировка ГЛОНАСС состоит из 25 спутников, один из которых резервный. Заявленный для «Глонасс-М» (основа группировки) САС в 7 лет реальные спутники «перерабатывают», поэтому новые аппараты будут выводиться на орбиты по мере выбывания отработавших ресурс либо аварийных аппаратов.

GPS и ГЛОНАСС имеют много общего не только в отношении характеристик сигналов, но и в другом аспекте. Речь идет о глобальной дифференциальной системе GDGPS, состоящей из сети станций дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) и центров обработки данных. Система GDGPS получает данные о положении спутников GPS и ГЛОНАСС от станций СДКМ в реальном времени, что позволяет прогнозировать положение спутников с точностью до сантиметров на несколько дней вперед. В России в ведении Геофизической службы РАН имеется, по крайней мере, 11 СДКМ, поставляющих данные по спутникам GPS и ГЛОНАСС американским коллегам. У ГЛОНАСС имеются 22 аналогичных российских СДКМ, некоторые из которых



Рисунок 10. КА «Глонасс-К».

поставляют данные для обеих систем. Станции базируются на территории России (от Санкт-Петербурга до Южно-Сахалинска), в Бразилии и Антарктиде.

Кроме упомянутых систем дифференциальной коррекции для повышения точности GPS и ГЛОНАСС создана «Международная служба глобальной навигационной спутниковой системы» (IGS) под эгидой НАСА, в которую входят более 200 организаций по всему миру. В России развернуто порядка двух десятков пунктов наблюдения IGS.

На практике для повышения точности позиционирования различные производите-

ли изделий микроэлектроники выпускают навигационные микросхемы и модули с поддержкой обеих систем ГНСС, например, подобные чипы интегрированы в ряд смартфонов и планшетов Apple, не говоря уже о специальных навигационных приложениях для автомобилей. **РЛ**

Литература

1. <http://www.kik-sssr.ru/Navigation.htm>
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-sozdaniya-i-perspektivy-razvitiya-kosmicheskoy-navigatsii-v-rossii-1>
3. <https://fleettrax.net/the-history-of-gps/>

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



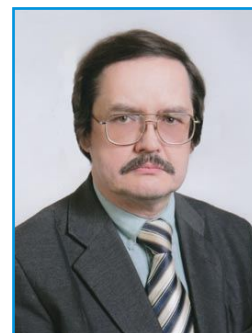
“Децима”

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

Утроитель частоты цифрового сигнала



Михаил Шустов, г. Томск

Приведены схемы электронных устройств, позволяющих утроить частоту входного цифрового сигнала

Как известно, в мире цифровых технологий не представляет больших проблем задача деления частоты цифрового сигнала в целое (2, 3, 4 ...) число раз. Не так сложно и умножить частоту в 2, 4, 8 ... раза. Известны даже умножители частоты в дробное число раз, например, в $4/3$ раза (умножить на 4 и поделить на 3) [1, 2]. Намного сложнее обеспечить умножение частоты ровно в 3 раза.

Ниже приведено несколько схемотехнических решений, решающих эту проблему.

Работа рассмотренных ниже утроителей частоты цифровых сигналов основана на использовании элементов задержки и после-

дующего логического суммирования входных и задержанных сигналов на элементах цифровой логики. В качестве элементов задержки используются RC-цепочки, а также сами логические элементы.

На Рисунке 1 приведена схема утроителя частоты, выполненная на КМОП-микросхемах CD40106 (КР1561ТЛ2) и CD4070 (К561ЛП2). Скважность входных сигналов равна двум. Устройство работает в диапазоне частот входных сигналов от 1 до 10 кГц. Вне пределов этого диапазона выходные импульсы сливаются. Для работы устройства в иной области частот необходим пересчет

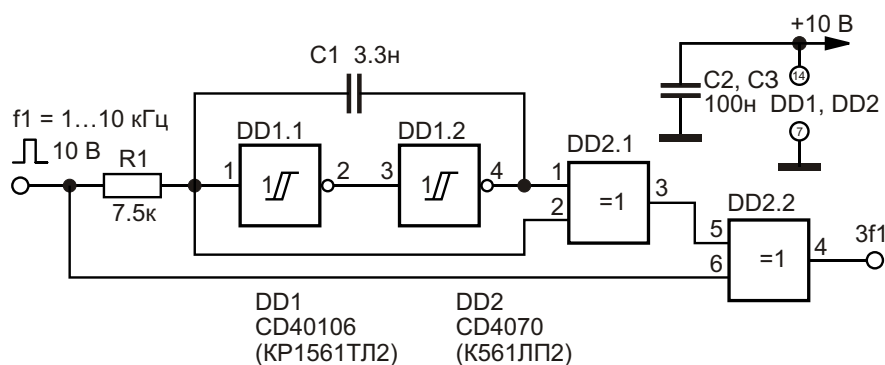


Рисунок 1. Утроитель частоты для диапазона 1...10 кГц.

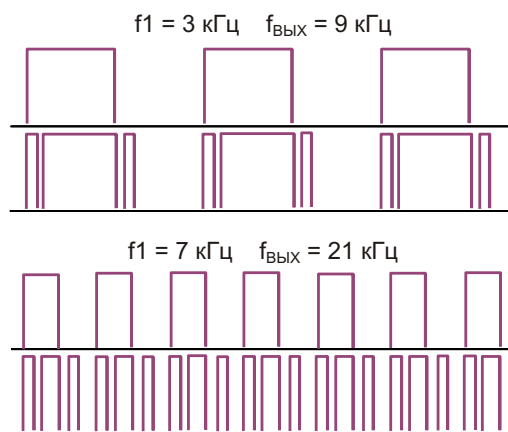


Рисунок 2. Форма сигналов на выходе утроителя частоты для двух ее значений.

номиналов элемента задержки – RC-цепочки. Форма сигналов на выходе утроителя частоты приведена на Рисунке 2.

Как следует из Рисунка 2, задача получения на выходе устройства утроенной частоты формально выполняется, однако выходные импульсы распределены во времени неравномерно и ширина их неодинакова. Равномерность распределения этих импульсов во времени, а также равную их ширину можно

при необходимости обеспечить лишь для одной фиксированной частоты.

На Рисунке 3 показан следующий вариант утроителя частоты на КМОП-микросхемах CD4001 (K561ЛЕ5) и CD4077. В этом утроителе используются два внешних элемента задержки – цепи R1C1 и R2C2. Устройство работает в диапазоне частот входных сигналов от 0.1 до 10 кГц.

Рисунок 4 иллюстрирует утроитель для частот 1...100 кГц, выполненный на ТТЛ-микросхемах SN74LS02 (K555ЛЕ1) и SN74LS86 (K555ЛП5).

Как уже отмечалось ранее, в качестве элементов задержки можно использовать сами логические элементы. Проблема лишь в том, что современные логические элементы отличаются крайне малыми временами задержек. В этой связи для того, чтобы получить приемлемые значения этих времен, приходится использовать последовательно включенные цепочки таких элементов. Утроитель частоты, Рисунок 5, выполненный на микросхемах CD40106 (КР1561ТЛ2) и CD4070 (K561ЛП2), способен работать в диапазоне частот от 0.1 до 1 МГц. Расширить этот диапазон в сто-

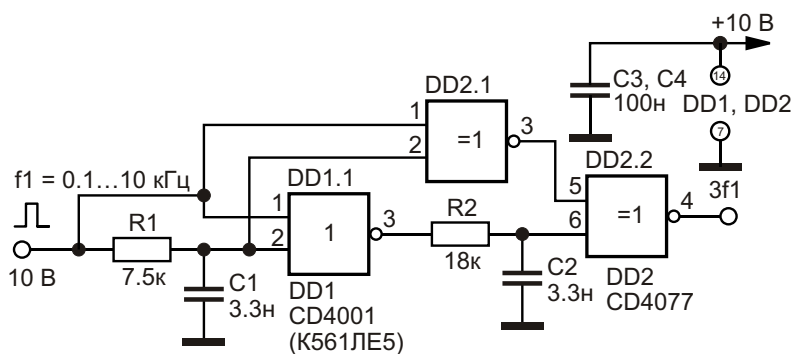


Рисунок 3. Утроитель частоты для диапазона 0.1...10 кГц.

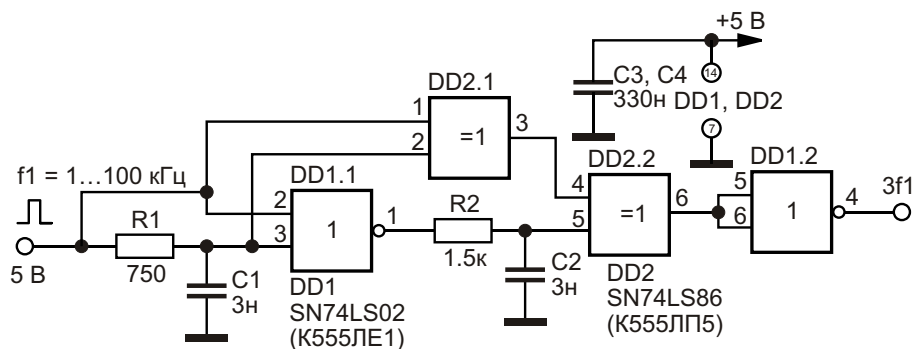


Рисунок 4. Утроитель частоты для диапазона 1...100 кГц.

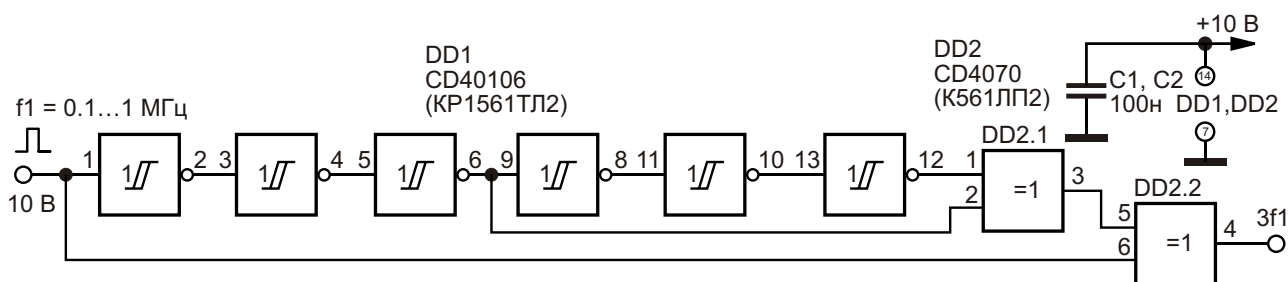


Рисунок 5. Утроитель частоты для диапазона 0.1...1 МГц.

рону более низких частот возможно за счет наращивания числа элементов задержки.

Следует особо заметить, что времена задержки при прохождении сигнала через логический элемент зависят от разновидности микросхемы, напряжения питания, температуры. **РЛ**

Литература

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

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

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4001B](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD40106B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD4070B](#)
4. [Datasheet Texas Instruments CD4077B](#)
5. [Datasheet Texas Instruments SN74LS02](#)
6. [Datasheet Texas Instruments SN74LS86A](#)

Усовершенствованный двуполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой и ультранизким уровнем пульсаций



Алексей Кузьминов, Москва

В статье приведены принципиальные схемы, разводка плат и фотографии двуполярного стабилизатора напряжений ± 14 В с максимальными токами 9.5 А по каждому из них на базе ОУ MC34072AMTTBG/MC33072P и мощных р- и n-канальных полевых транзисторов SUP90P06/IRF3205 с защитой по току с порогом 10 А. Применение транзисторов двух типов проводимости и классических схем стабилизаторов на их основе привело к снижению уровня пульсаций выходных напряжений до $\frac{1}{4}$ мВ на максимальных токах.

Введение

В статье автора [1] (см. Рисунок 1 в [1]) приведены функциональные схемы стабилизаторов, основанные на ОУ и мощных р- и n-канальных полевых транзисторах, включенных по классической схеме (входное напряжение подается на сток, выходное снимается с истока) и по схеме с «перевернутым транзистором» (входное напряжение подается на исток, выходное снимается со стока), то есть, всего четыре варианта. В этой же статье показано, что если в стабилизаторе положительной полярности использовать n-канальный полевой транзистор, включенный по классической схеме (Рисунок 1а в [1]), а в стабилизаторе отрицательной полярности – также n-канальный транзистор, но «перевернутый» (Рисунок 1г в [1]), то такая схема обладает преимуществом, поскольку в ней используются только n-канальные транзисторы, которые при прочих равных условиях, во-первых, дешевле р-канальных и, во-вторых, имеют

лучшие характеристики (например, большую крутизну и меньшее сопротивление стока в открытом состоянии). Однако, как показал эксперимент автора, на уровень пульсаций выходных напряжений стабилизаторов оказывают влияние отнюдь не выдающиеся характеристики транзисторов, а способ их включения. В частности, если в двуполярном стабилизаторе оба транзистора (р- и n-канальный) включены по классической схеме (Рисунки 1а и 1в в [1]), то пульсации выходных напряжений могут быть существенно снижены. Объяснением этому, по-видимому, служит относительно большая функциональная симметрия двух стабилизаторов (положительного и отрицательного напряжений), а также идентичный принцип их работы. Что касается стоимости р-канальных транзисторов, то, хотя она и выше стоимости n-канальных, но не настолько существенно, чтобы не использовать р-канальные транзисторы вообще. А вот для достижения большей функциональной симметрии стабилизаторов

Таблица 1. Сопоставление характеристик р- и n-канальных полевых транзисторов

р-канальный транзистор	Крутизна g_{fs} [А/В]	$R_{DS(on)}$ [МОм]	п-канальный транзистор	Крутизна g_{fs} [А/В]	$R_{DS(on)}$ [МОм]
IPP80P04	75	5	IRF1405/IRF1010E	70/69	5.3/12
SUP90P06	40	8	IRF3205/IRL3705	44/50	8/12
SPP80P06	36	23	IRF1010N	32	11
STP80PF55	32	16	IRF3710	32	23
IRF4905	21	20	IRF3710	32	23

желательно в них использовать р- и n-канальные транзисторы с близкими параметрами. В основном к таким параметрам относится крутизна передаточной характеристики (g_{fs}), показывающая, на сколько ампер изменится ток стока при изменении напряжения затвор-исток на 1 вольт, и измеряющаяся в этих же единицах (А/В или сименсах – См), а также сопротивление сток (D) – исток (S) транзистора в открытом (on) состоянии ($R_{DS(on)}$), измеряющееся в омах (а, точнее, в МОм). Остальные характеристики транзисторов существенного влияния на уровень пульсаций выходных напряжений стабилизаторов не имеют.

В Таблице 1 приведены характеристики некоторых наиболее распространенных мощных р- и n-канальных полевых транзисторов (g_{fs} и $R_{DS(on)}$), причем, транзисторы в ней расположены таким образом, чтобы каждому р-канальному транзистору соответствовал n-канальный транзистор с идентичными (или близкими) параметрами. Например, если использовать транзистор SUP90P06 ($g_{fs} = 40$ А/В, $R_{DS(on)} = 8$ МОм), то ему должен соответствовать транзистор IRF3205 ($g_{fs} = 44$ А/В, $R_{DS(on)} = 8$ МОм) и т.п. Кроме того, в Таблице 1 транзисторы расположены в порядке уменьшения крутизны g_{fs} .

Таким образом, резюмируя вышесказанное, дальнейшее изложение будет построено следующим образом. Вначале будут приведены принципиальные схемы, как самого двуполярного стабилизатора, так и некоторых вспомогательных устройств, предназначенных для его работы, затем будут приведены разводка плат и фотографии реального устройства. Далее будет рассказано об испытании устройства и полученных результатах.

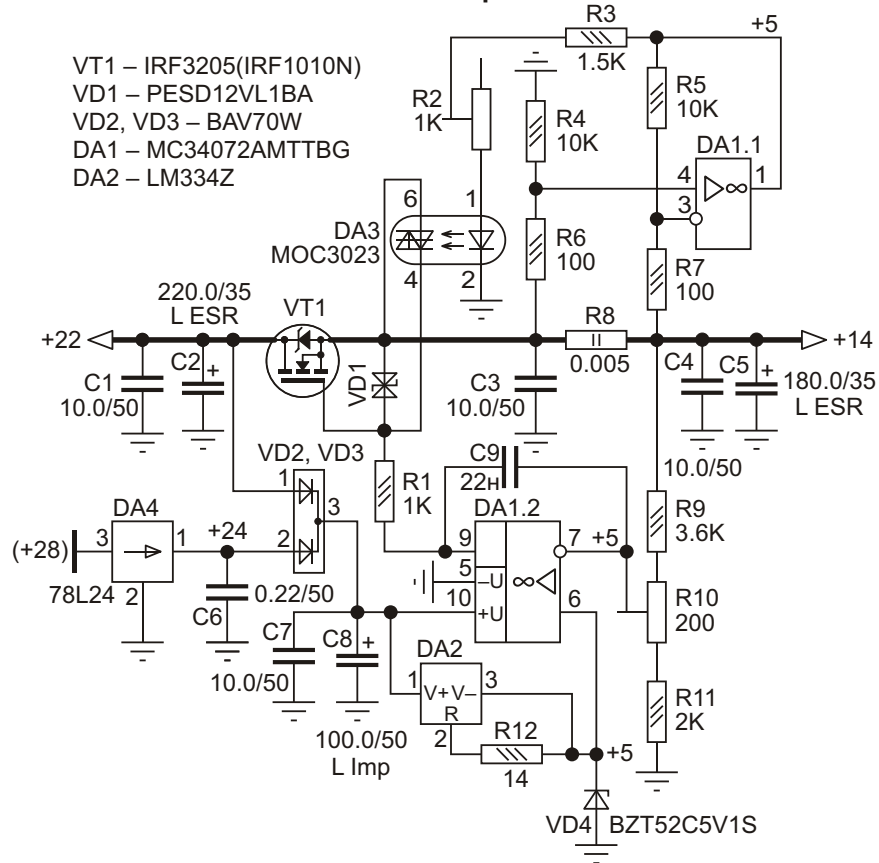
Принципиальные схемы стабилизаторов

Как видно из Рисунка 1а, схема стабилизатора +14 В практически повторяет схему ана-

логичного стабилизатора, подробно описанного в [1] (см. Рисунок 3 в [1]), в связи с чем, на взгляд автора, в пояснениях не нуждается. Разница заключается только в использовании иного транзистора VT1 (IRF3205 вместо IRF3205Z [1] с существенно большей крутизной) и иных номиналах резисторов делителя R9, R10, R11 (соответствующих R3, R4, R5 в [1]), позволяющих более точно выставить выходное напряжение стабилизатора. А вот схема стабилизатора –14 В (Рисунок 1б) существенно изменена, поскольку в ней использован уже р-канальный транзистор (VT1). Однако если внимательно присмотреться к схеме Рисунок 1б, то можно обнаружить, что она практически идентична схеме Рисунок 1а. Разница заключается в использовании р-канального транзистора VT1 (вместо n-канального в схеме Рисунок 1а), в противоположной полярности включения электролитических конденсаторов (C2, C5, C8), диодов (VD2, VD3), стабилитронов (VD4), источников стабильного тока (DA2) и инфракрасных светодиодов оптосимисторов DA3. Благодаря функциональной идентичности двух схем (Рисунки 1а и 1б) и получается их относительная функциональная симметрия, о которой говорилось выше и которая приводит к существенному снижению уровня пульсаций выходных напряжений стабилизаторов (см. далее). В схемах Рисунок 1 жирным обозначены силовые проводники (сечением не менее 1.5 мм²).

В схеме Рисунок 1 показаны номера выводов для микросхемы ОУ MC34072AMTTBG в сверхминиатюрном корпусе WQFN10 размером 2.6×2.6 мм. Вместо нее можно использовать микросхему ОУ MC33072P с теми же характеристиками, но в корпусе DIP8. Номера выводов для MC33072P, естественно, иные, однако, чтобы не усложнять схему, на Рисунке 1 они не указаны (их можно найти в справочном листке или на разводке – см. далее).

Стабилизатор +14 В



Стабилизатор -14 В

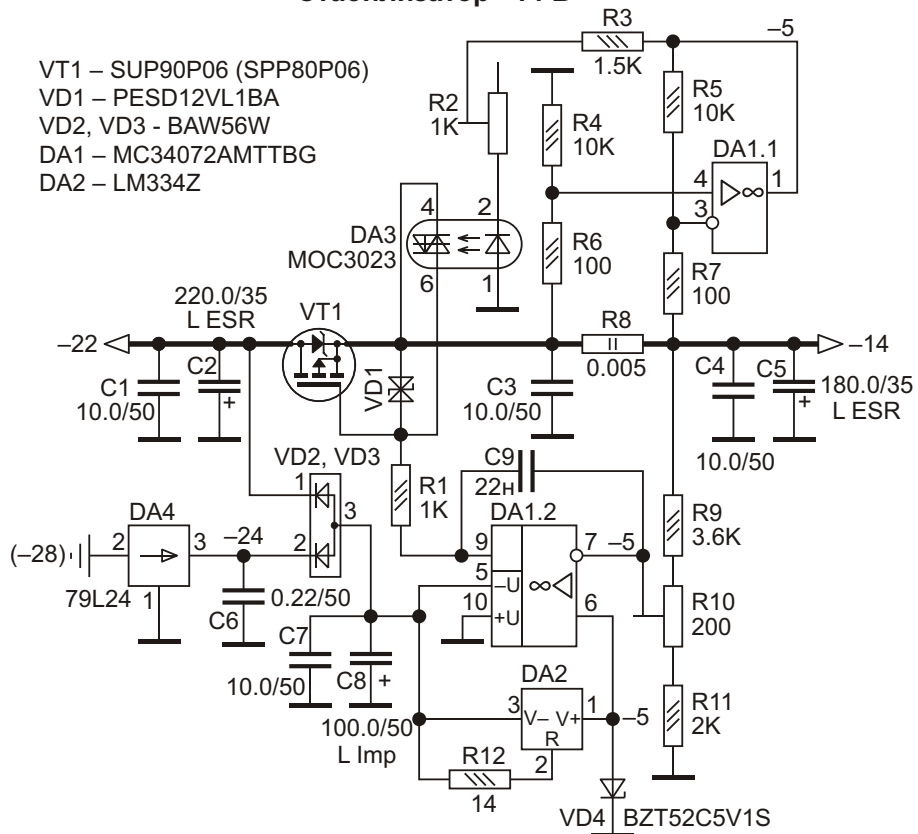


Рисунок. 1. Схемы стабилизаторов +14 В (а) и -14 В (б) на базе ОУ MC34072MTTBG.

К вспомогательным схемам относятся: схема альтернативной замены источника стабильного тока на микросхеме DA2 (LM334Z) на диодный стабилизатор тока VD5 (J511) – Рисунок 2, схема индикации наличия выходных напряжений стабилизаторов и перегрузки (Рисунок 3), подробно описанная в [1], схема подключения стабилизаторов к выпрямителям и выходному разъему (Рисунок 4), схема альтернативной

замены диодов выпрямителей (Рисунок 5а) и, наконец, схема принудительного разряда электролитических конденсаторов с помощью кнопок (Рисунок 5б) при повторном включении питания, если возникнет перегрузка (об этом режиме также подробно рассказано в [1]). В связи с простотой вспомогательных схем, на взгляд автора, в подробном описании их функционирования нет необходимости.

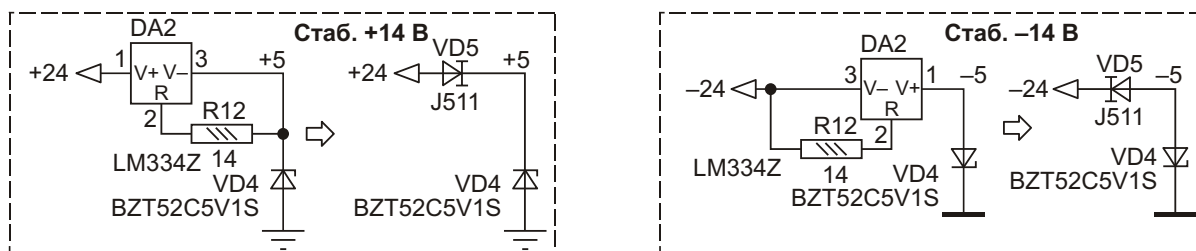


Рисунок 2. Альтернативная замена LM334 на J511: а – для стабилизатора +14 В, б – для стабилизатора –14 В.

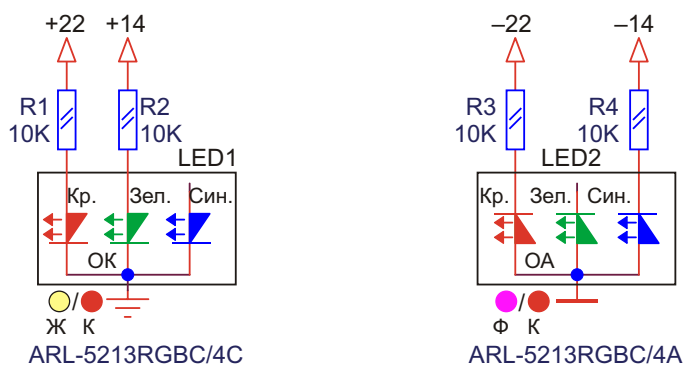


Рисунок 3. Схемы индикации наличия положительного (а) и отрицательного (б) выходных напряжений и перегрузки.

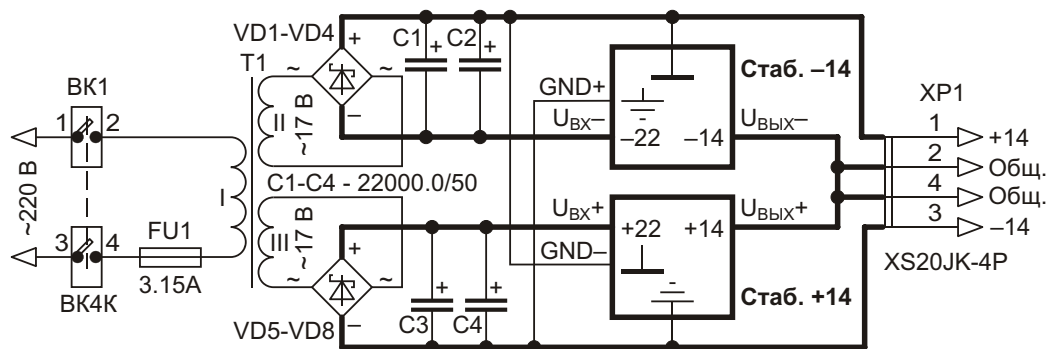


Рисунок 4. Схема подключения стабилизаторов к выпрямителям и выходному разъему.

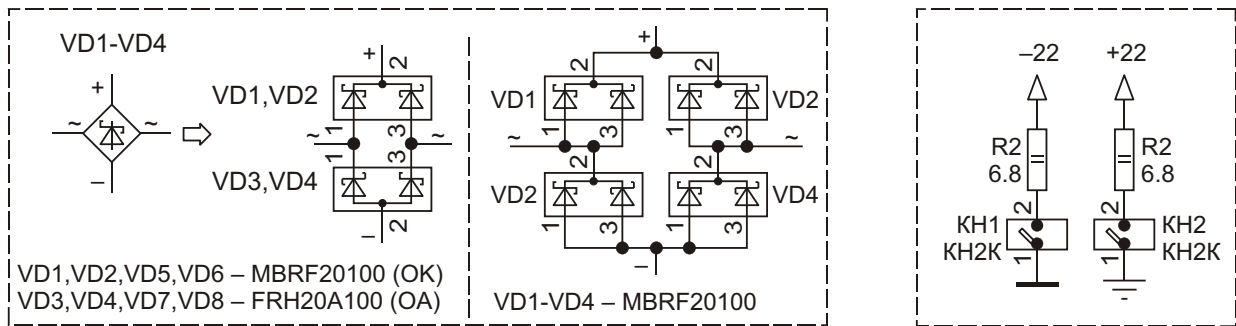


Рисунок 5. Опции для схемы Рисунок 4: а – схема альтернативной замены выпрямительных диодов, б – схема принудительного разряда сглаживающих конденсаторов (C1, C2 – слева, C3, C4 – справа) с помощью кнопок.

Разводка платы и внешний вид устройства

Из разводки платы (Рисунок 6), сделанной автором с помощью программы Sprint Layout 6.0, и ее фотографий (Рисунок 7), можно составить представление о ее размерах и внешнем виде. Поскольку разводка платы с микросхемой MC34072AMTTBG приведена на Рисунок 6 в чисто иллюстративных целях (по ней изготовить плату невозможно), разводка платы с микросхемой MC33072P не приводится. Для изготовления же плат в разделе «Загрузки» дана ссылка на файл разводки в формате *.laub для обеих плат (на базе MC34072AMTTBG и MC33072P). Фотография платы с микросхемой MC33072P для

экономии места в статье также не приводится (плата имеет примерно такой же вид, как и плата, показанная на Рисунок 7).

Здесь следует отметить один нюанс, касающийся как самой разводки, так и изготовления плат, и, возможно, повлиявший на существенно сниженный уровень пульсаций выходных напряжений стабилизаторов. Хотя разводка, показанная на Рисунок 6, и односторонняя, т.е. вторая сторона платы не используется, эту вторую сторону можно использовать как дополнительный «земляной» контур. В этом случае плата будет уже двусторонней, причем, поскольку компоненты навесного монтажа расположены на слое платы, противоположном слою дорожек, и припаяны к контактным площадкам через

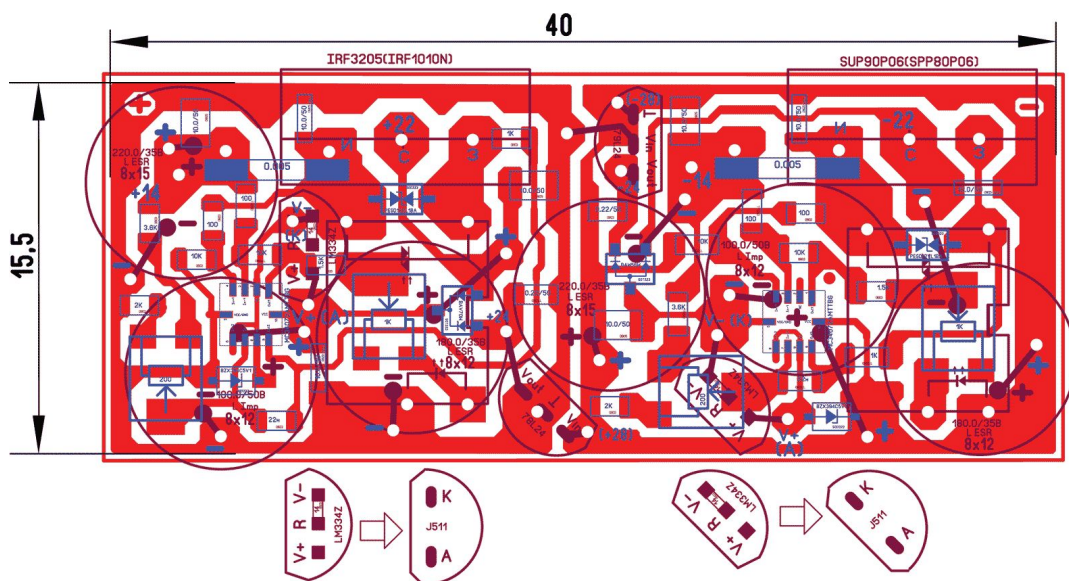


Рисунок 6. Вариант разводки платы стабилизаторов (для схемы Рисунок 1).

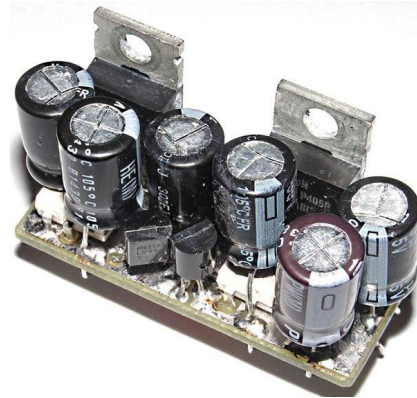
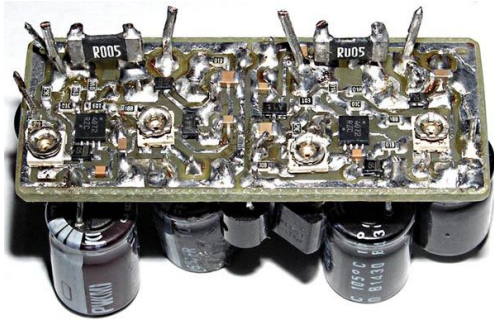


Рисунок 7. Фотографии платы стабилизаторов: а – вид со стороны дорожек, б – вид с обратной стороны.

сквозные отверстия, на слое, где расположен «земляной» контур, для выводов компонентов навесного монтажа, не контактирующих с «землей», должны быть предусмотрены своего рода «прогалыны». Как развести и изготовить подобную плату своими силами, подробно описано в статье автора [2]. В приведенном в дополнительных материалах к статье файле разводки используются обе стороны, однако, если изготовление двусторонней платы по каким-то причинам затруднено, платы могут быть изготовлены полностью односторонними. В этом случае, возможно, уровень пульсаций выходных напряжений будет чуть и увеличен, однако, по опыту автора, – не более чем в 1.5 – 2 раза.

Результаты испытаний стабилизаторов

Испытания стабилизаторов проводились по той же методике, что и в [1], которая там подробно описана, поэтому здесь не приво-

дится. На Рисунке 8 показаны осциллограммы пульсаций входных и выходных напряжений стабилизаторов. Если сравнить эти осциллограммы с осциллограммами, приведенными на Рисунке 12 в [1], то можно заметить, что уровень пульсаций выходных напряжений снизился в 2 раза (для +14 В – 160 мкВ против 320 мкВ в [1], и для –14 В – 240 мкВ против 480 мкВ в [1]). Здесь, как говорят, комментарии излишни.

Подсчитаем, во сколько раз размах пульсаций выходных напряжений меньше размаха пульсаций входных. Для Рисунка 8а имеем: $980 \text{ мВ} / 0.16 \text{ мВ} = 6125$ или 75.74 дБ

76 дБ. Для Рисунка 8б: $1000 \text{ мВ} / 0.24 \text{ мВ} = 4167$ или 72.39 дБ 72 дБ.

Изменения выходных напряжений стабилизаторов в зависимости от изменения тока нагрузки в диапазоне от 0 (без нагрузки) до 9.5 А не отличаются от тех, что приведены в [1], и составляют не более $\pm 10 \text{ мВ}$.

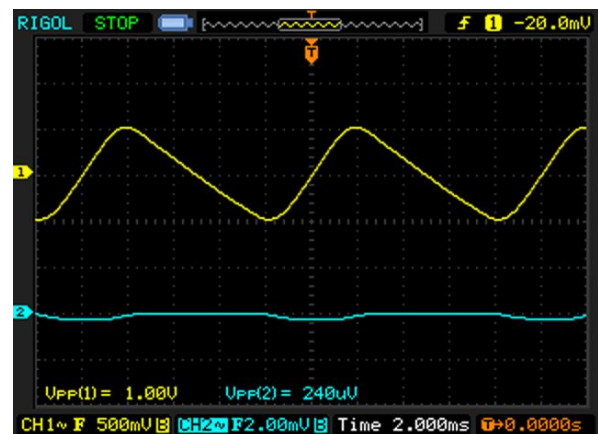
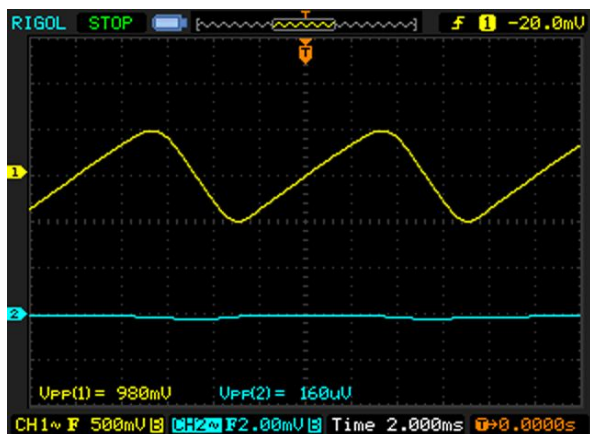


Рисунок 8. Осциллограммы пульсаций входных (желтый) и выходных (бирюзовый) напряжений стабилизаторов при токе 9.5 А: а – положительного (+14 В), б – отрицательного (–14 В).

Что касается применений описанного двуполярного стабилизатора, то их может быть несколько, однако автор использовал его для питания мощного двухканального УМЗЧ [3]. Вероятно, у читателя могут возникнуть сомнения в использовании ИП с такими относительно низкими значениями выходных напряжений (± 14 В), поскольку, как правило, для питания достаточно мощных (40 – 50 Вт) УМЗЧ используются напряжения существенно выше (± 25 В – ± 35 В). Приведенные ниже некоторые соображения, на взгляд автора, эти сомнения могут рассеять.

При двуполярном питании напряжениями ± 14 В УМЗЧ, сконструированный на базе хорошо известной микросхемы мощного ОУ LM3886 (или его сдвоенного аналога LM4780), работающего в мостовом режиме, этот ОУ способен без искажений воспроизвести сигнал амплитудой на 2.5 В меньше напряжений питания (2.5 В – так называемое напряжение ограничения или Clipping Voltage), т.е. его амплитуда не может превышать $14 \text{ В} - 2.5 \text{ В} = 11.5 \text{ В}$. Но уже при амплитуде 9 В (т.е. на 2.5 В меньше 11.5 В, или с запасом в 2.5 В) на нагрузке 4 Ом при использовании этого ОУ в мостовом режиме (см., например, [3]) амплитуда синусоидального сигнала будет удвоена и составит 18 В, выходной ток – 4.5 А, а действующее значение его мощности (как нетрудно подсчитать) будет равно 40.5 Вт. Если использовать два канала, то ток достигнет 9 А, однако не будет превышать максимальный ток 9.5 А, на который рассчитан описываемый стабилизатор. Для справки: предельная синусоидальная мощность акустических систем 35 АС-016 с номинальным электрическим сопротивлением 4 Ом (по паспорту) составляет 35 Вт. Так что мощности 40.5 Вт вполне хватит (и даже еще останется). К тому же реальная мощность звукового сигнала, а точнее, – музыкального (с теми же максимальными мгновенными значениями амплитуд, что и у синусоидального сигнала) существенно меньше

синусоидальной мощности, а при воспроизведении музыкального сигнала в $\frac{3}{4}$ громкости (мощности) акустической системой 35 АС-016 уже начинают дрожать стекла...

Заключение

Применение в описанном двуполярном ИП полевых транзисторов двух типов проводимости, включенных по классическим схемам стабилизаторов, снижает уровни пульсаций выходных напряжений до $\frac{1}{4}$ мВ и ниже на максимальных токах до 9.5 А. При использовании в выпрямителе сглаживающих конденсаторов емкостью всего 44,000 мкФ отношение размаха пульсаций входных напряжений стабилизаторов (около 1 В) к размаху пульсаций выходных составляет не менее 4000 или не менее 72 дБ. **PL**

Литература

1. Кузьминов А. [Двуполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой](#).
2. Кузьминов А. Как использовать фольгу обратной стороны односторонней печатной платы в качестве общего провода. – Радио, 2019, № 2.
3. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Часть 3. – Современная электроника, 2017, № 6.

Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor MC34072](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LM334](#)
3. [Datasheet Vishay SUP90P06](#)
4. [Datasheet ON Semiconductor MOC3023](#)
5. [Datasheet Nexperia PESD12VL1BA](#)
6. [Datasheet Diodes BAW56W](#)
7. [Datasheet Diodes BAV70W](#)
8. [Datasheet New Jersey Semiconductor J511](#)
9. [Datasheet Vishay BZT52](#)
10. [Datasheet Kyocera FRH20A10](#)
11. [Datasheet Multicomp MBRF20100](#)
12. [Datasheet Arlight ARL-5213RGBС](#)

Загрузки

[Файл разводки в формате *.lay6](#)



Фантомное питание для микрофона

Bruce Trump, Texas Instruments

EDN

Капсюль электретного микрофона аналогичен тем, которые использовались в телефонах, кассетных магнитофонах и компьютерах. Этот элемент, фактически, является конденсатором с определенным фиксированным зарядом. Звуковое давление двигает диафрагму, вызывая изменения емкости. Это движение создает переменное выходное напряжение при очень высоком выходном сопротивлении источника. Сток внутреннего МОП-транзистора капсюля нагружен внешним резистором (Рисунок 1). Резисторы R_1 и R_2 обеспечивают соответствующее выходное

сопротивление и питание от источника 10 В. Основные характеристики этого простого капсюля превосходны, но для того, чтобы соответствовать профессиональным стандартам микрофона с фантомным питанием, он требует дальнейшей обработки сигнала.

На выходе микрофона с фантомным питанием формируется низкоомный дифференциальный сигнал. Низкий импеданс выхода обеспечивает простой буфер на микросхеме IC_1 . Инвертор с единичным усилением на микросхеме IC_2 получает питание от выхода IC_1 . Смещением для неинвертирующего входа IC_2

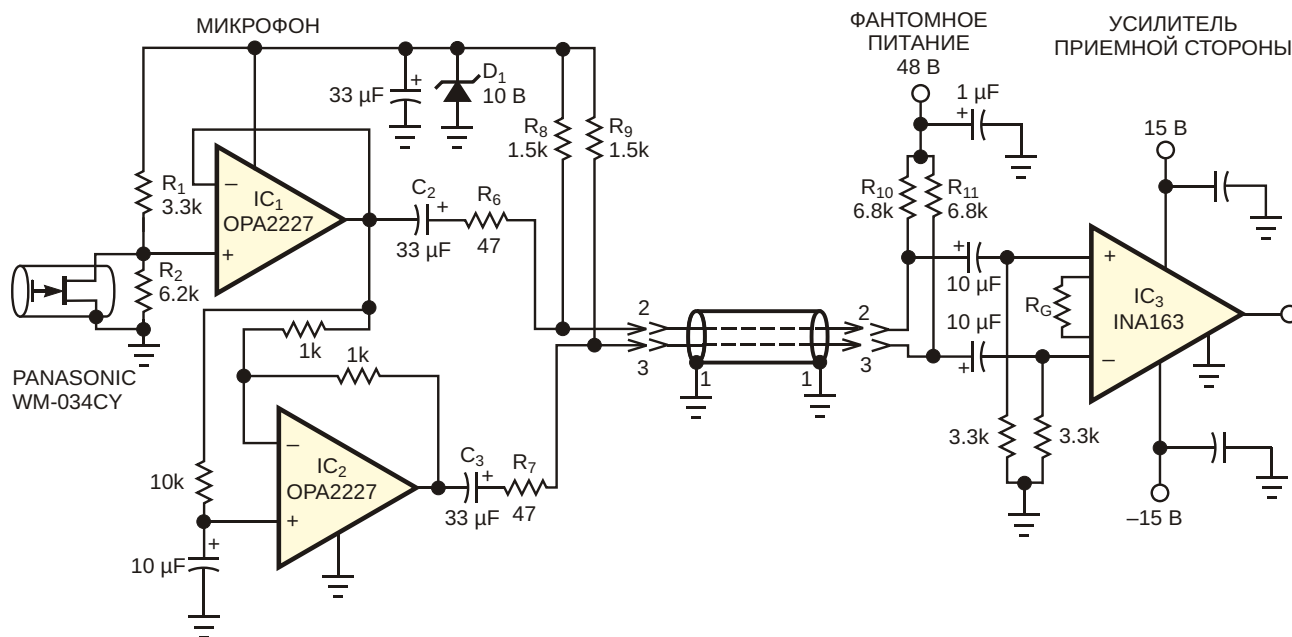


Рисунок 1. Эта микрофонная система получает питание от приемного конца схемы через те же провода, по которым передается аудиосигнал.

служит хорошо отфильтрованное выходное напряжение микросхемы IC₁. Сдвоенный усилитель IC₁/IC₂ был выбран из-за его низких шумов и низких искажений. R₆ и R₇ предназначены для защиты от емкости длинной линии, радиочастотных помех и бросков напряжения, возникающих при «горячем подключении» к источнику фантомного питания. Для исключения попадания постоянного напряжения фантомного питания на линии аудиосигнала на выходах усилителя включены разделительные конденсаторы C₂ и C₃. Размах выходного дифференциального напряжения ограничен уровнем примерно 2 В пик-пик, что обусловлено неспособностью источника питания обеспечить выходные токи операционных усилителей при более высоких напряжениях. Однако этот уровень является достаточным, поскольку он соответствует пределам линейного диапазона капсуля.

Микрофоны с фантомным питанием получают энергию для своих активных цепей от приемного конца схемы через те же провода, по которым передается звуковой сигнал. Источник фантомного питания 48 В подключается к обеим сигнальным линиям через резисторы R₁₀ и R₁₁ сопротивлением 6,8 кОм. Такое подключение позволяет микрофону с низким выходным сопротивлением передавать дифференциальный сигнал переменного тока при относительно «мягкой» импедансной характеристике источника фантомного питания. Питание на микрофон подается с сигнальных линий через резисторы R₈ и R₉. Стабилитрон D₁ регулирует питание микрофона и усилителя. Кроме того, эти резисторы обеспечивают мягкую импедансную характеристику симметричной линии. Вы можете разместить микрофон в сотнях футов от

источника фантомного питания и усилителя приемной стороны и при этом получить превосходные характеристики.

На приемной стороне используется малошумящий инструментальный усилитель IC₃, состоящий из трех внутренних операционных усилителей. Его конфигурация и лазерная подгонка номиналов резисторов обеспечивают отличный коэффициент подавления синфазных сигналов (CMR). Высокий CMR подавляет шумы и фон шины питания, имеющие одинаковые амплитуды на обеих сигнальных линиях. Хотя низкий шум (1 нВ/ Гц) и не нужен для микрофонов с высоким уровнем выходного сигнала, подобных тем, который описан здесь, он необходим для профессиональных ленточных и электродинамических микрофонов со слабыми выходными сигналами. Микрофоны этих типов являются строго пассивными электромеханическими генераторами и не нуждаются в источнике питания. Фантомное питание получило такое название оттого, что эти типы микрофонов «подвешены» на 48 В. Выпускаемые электретные капсули имеют различные размеры и физические конфигурации. В частности, они могут быть как всенаправленными, так и направленными (с кардиоидной диаграммой направленности). Направленные капсули имеют сзади вентиляционное отверстие; для получения надлежащих характеристик их следует устанавливать так, чтобы обеспечить свободный доступ как спереди, так и сзади. [PJ](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Panasonic WM-034CY](#)
2. [Texas Instruments INA163](#)
3. [Datasheet Texas Instruments OPA2227](#)

Стабилизатор напряжения становится цифровым

Chuck Wojslaw

EDN

Ключевыми проблемами в приложениях с батарейным питанием являются потребление энергии и разряд батареи. Специальные функции последовательных стабилизаторов напряжения последних поколений позволяют решать эти проблемы. Например, микро-

новый регулятор напряжения LP2951 имеет выход с открытым коллектором, сигнализирующий о низком уровне выходного стабилизированного напряжения. Кроме того, микросхема имеет вход с логическим уровнем управления, позволяющий выключать регу-

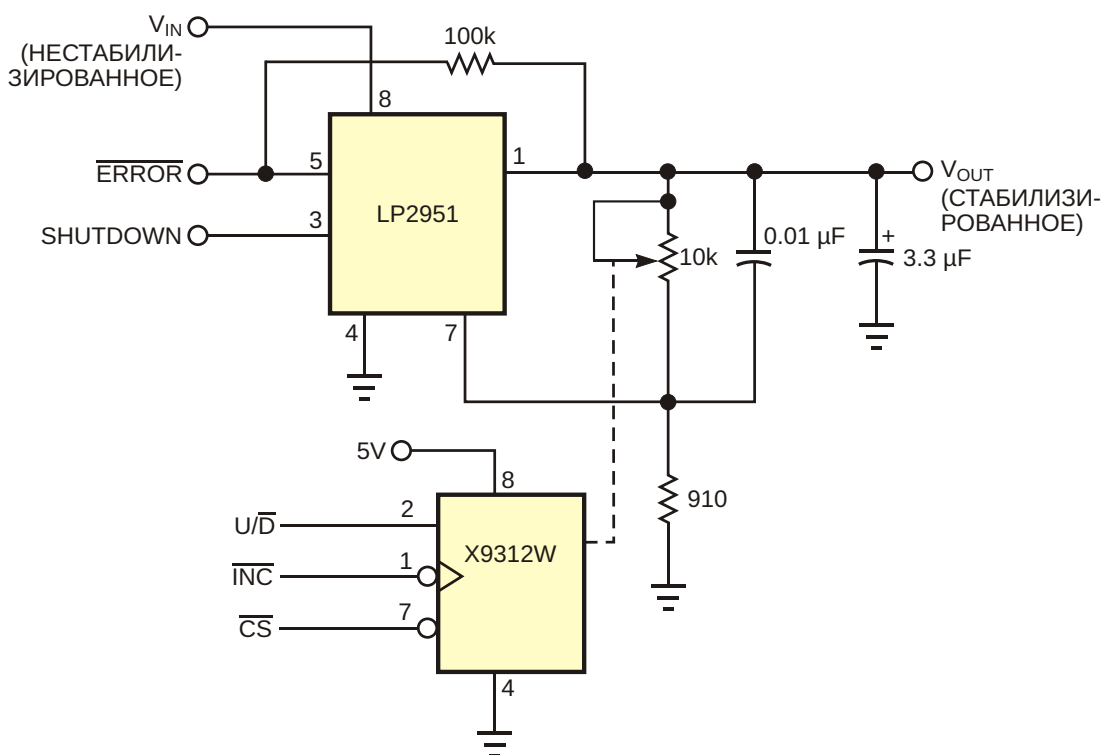


Рисунок 1. Добавление цифрового потенциометра делает обычный последовательный стабилизатор напряжения программируемым.

лятор для снижения потребляемой мощности. Это цифровые сигналы, следовательно, они совместимы с системами, основанными на микроконтроллерах.

Но как насчет программирования или управления выходным напряжением стабилизатора? Механический потенциометр или подбор резисторов кажутся не слишком элегантными решениями. Однако «компьютеризацию» можно реализовать с помощью цифрового потенциометра (ЦП), который позволит запрограммировать выходное напряжение. Схема на Рисунке 1 представляет собой управляемый компьютером широкодиапазонный стабилизатор напряжения, номинальное выходное напряжение которого может изменяться от 1.235 В до 14.8 В. В регуляторе используется цифровой потенциометр X9312W, имеющий 100 отводов, который позволяет запрограммировать выходное напряжение с разрешением 0.136 В на шаг. Выходное напряжение равно

$$1.235 \text{ В} + k \frac{\text{R}}{910 \text{ Ом}},$$

где

k – коэффициент, отражающий относительную позицию движка между нижним (0) и верхним (1) выводами ЦП;

R – сопротивление между концами потенциометра.

Для программирования ЦП используется трехпроводная шина. Потенциометр включается как двухвыводной переменный резистор. Выходной сигнал $\overline{\text{ERROR}}$ регулятора, предупреждающий о снижении выходного напряжения, может использоваться для сброса по включению питания. Входной сигнал SHUTDOWN логического уровня позволяет включать и выключать регулятор для экономии энергии. Эти сигналы, наряду с теми, которые требуются для программирования ЦП, обычно подключаются к портам ввода/вывода микропроцессора или микроконтроллера. В результате потенциометр делает регулятор программируемым. Такая схема может найти применение, например, для автоматической калибровки, где программирование регулятора сократит время производственных испытаний. Эту схему можно использовать в качестве источника смещения или опорного напряжения, а также в качестве высокоточного программируемого источника напряжения для контрольно-измерительных приложений. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LP2951](#)
2. [Datasheet Intersil X9312W](#)

Операционный усилитель увеличивает разрешение цифрового потенциометра

Chuck Wojslaw

EDN

Ключевым параметром цифровых потенциометров (ЦП) является количество отводов (n), то есть, количество программируемых положений движка. Этот параметр определяет разрешение в приложениях с про-

граммируемыми напряжениями и токами. Для улучшения разрешения одного или нескольких ЦП при заданном количестве отводов существует ряд схемных методов. Схема на Рисунке 1 теоретически не имеет

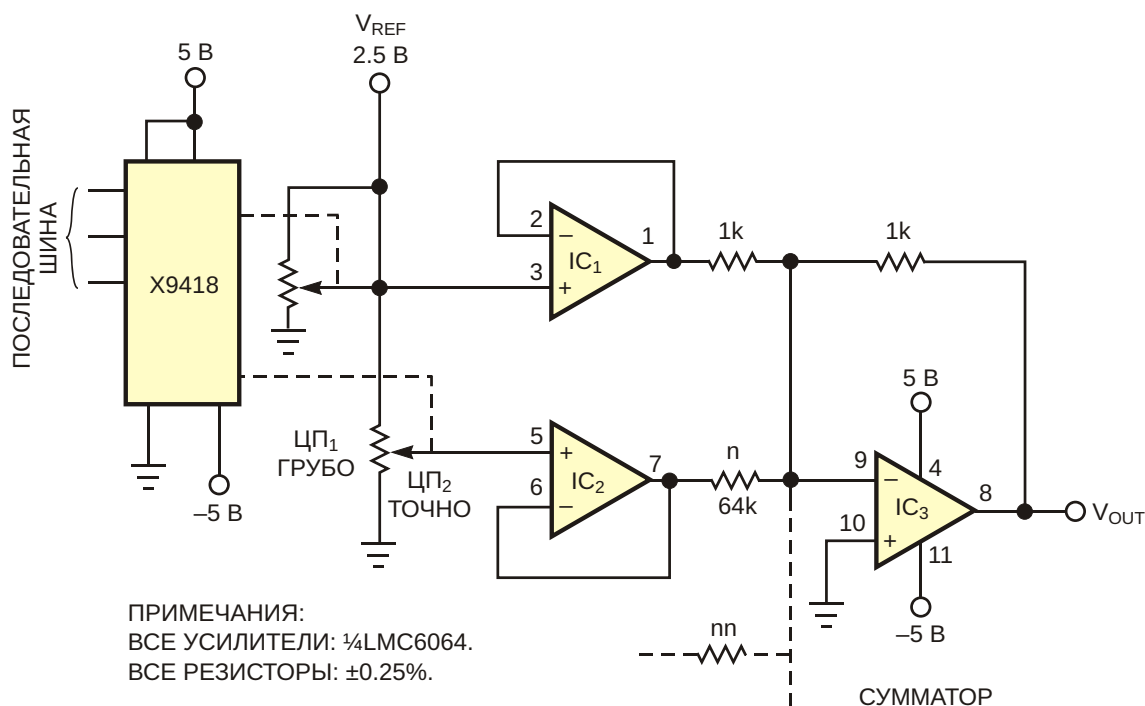


Рисунок 1. Предельное разрешение этой схемы программируемого источника напряжения практически не ограничено.

ограничений на увеличение разрешения программируемых источников напряжения. Усилитель IC₃ представляет собой инвертирующий сумматор с взвешенными сопротивлениями входных резисторов. Входными напряжениями сумматора служат программируемые выходные напряжения цифровых потенциометров. Для снижения влияния нагрузки добавлены повторители IC₁ и IC₂, буферизующие сигналы с движков потенциометра. В случае потенциометра с n отводами входные резисторы суммирующего усилителя с сопротивлениями R и nR обеспечивают программируемое выходное напряжение

$$0V \leq V_{OUT} \leq V_{REF} \cdot 1 \frac{1}{n}$$

с разрешением

$$V_{OUT(НАИМЕНЬШЕЕ)} = \frac{V_{REF}}{n(n-1)}$$

Для сдвоенного ЦП X9418 с 64 отводами при использовании компонентов с номиналами, указанными на схеме, выходное напряжение V_{OUT} имеет n², или 4096 программируе-

мых значений. Напряжение полной шкалы равно 2.5391 В, а наименьшее программируемое напряжение составляет 0.62 мВ. ЦП₁ позволяет грубо запрограммировать напряжение от 0 до 2.5 В с разрешением 39 мВ, тогда как ЦП₂ предназначен для точного программирования в диапазоне от 0 до 39 мВ с разрешением 0.62 мВ. Схема обеспечивает такое же разрешение, как 12-разрядный цифро-аналоговый преобразователь. Результаты всех измерений, сделанных на макете схемы, укладывались в 2 младших бита расчетных значений. При добавлении большего количества потенциометров, буферов и входных резисторов разрешение теоретически увеличивается неограниченно. Если добавить третью секцию, разрешение увеличится до 262,144 (18 бит). Аналогичную схему можно реализовать с неинвертирующим суммирующим усилителем. Эту схему можно использовать вместо дорогих цифро-аналоговых преобразователей в любом приложении, где требуется точное программируемое напряжение с высоким разрешением. **ПЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Renesas X9418](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LMC6064](#)

Преобразователь 5 В в -48 В

Kurk Mathews

EDN

По мере роста спроса на сетевое оборудование растет и потребность в источниках питания -48 В, питающих линии связи. Схема на Рисунке 1, преобразуя 5 В в напряжение -48, отдает в нагрузку мощность 24 Вт. Одной

из самых больших проблем является выбор входного напряжения для такой схемы. Хотя силовоточные источники 5 В широко доступны, более низкие входные напряжения обычно означают высокие входные токи и низкий

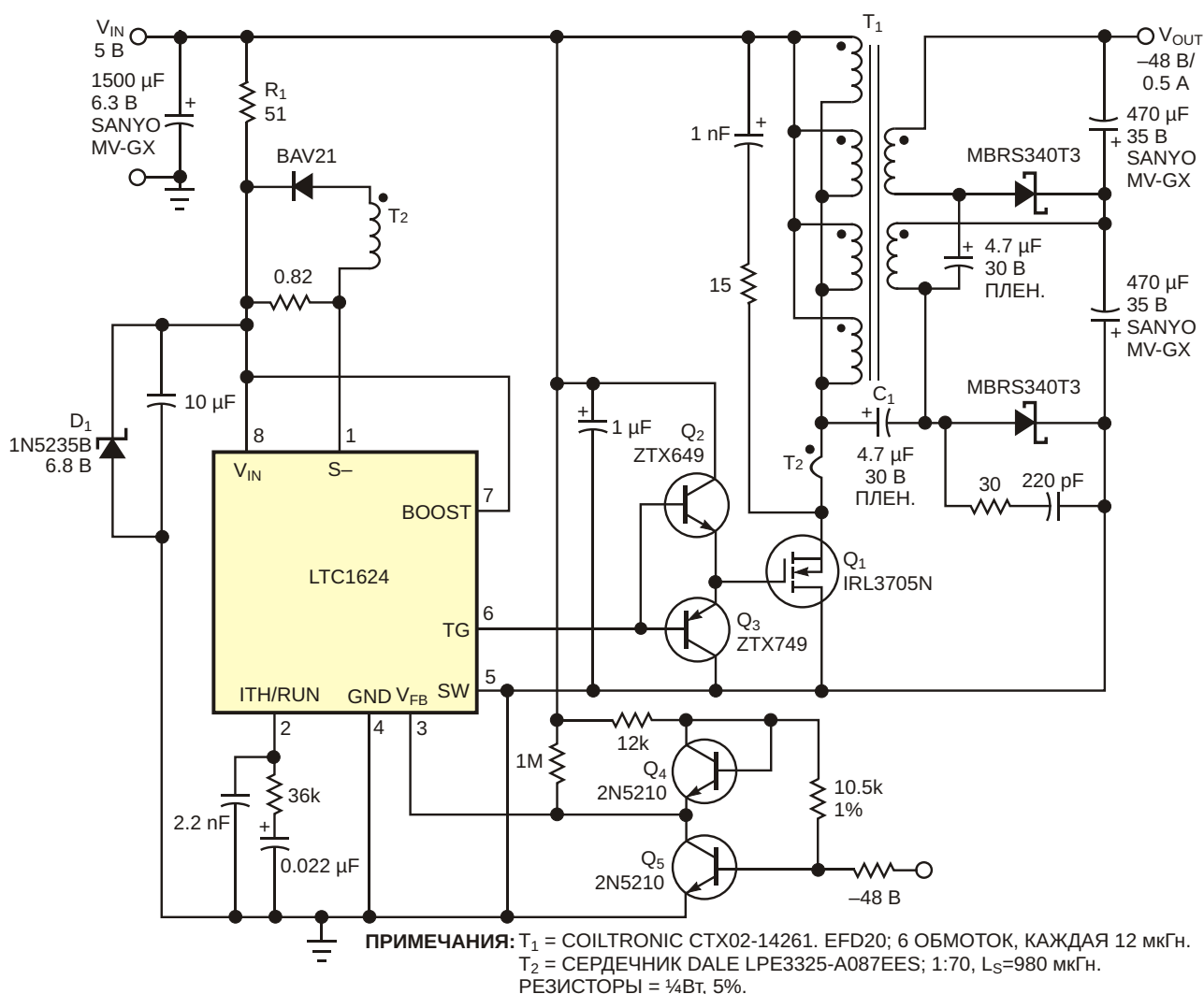


Рисунок 1. Для повышения КПД более чем до 85% при преобразовании 5 В в 48 В в этой схеме использован целый ряд приемов.

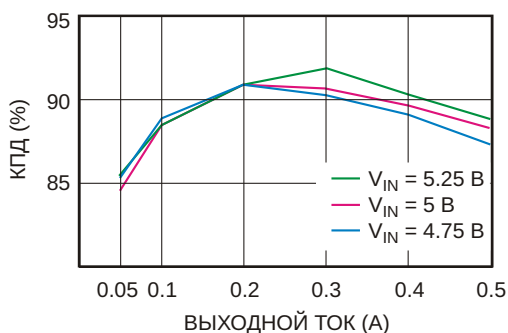


Рисунок 2. КПД схемы на Рисунке 1 превышает 85% при любых условиях и не падает ниже 90% почти во всем диапазоне практически используемых токов.

КПД. При относительно простой топологии и входном источнике 5 В схема на Рисунке 1 обеспечивает КПД свыше 85% (Рисунок 2). T_1 накапливает энергию во время включенного состояния транзистора Q_1 . Затем энергия передается на два расположенных друг над другом выхода 24 В, с которых снимается напряжение -48 В. C_1 заряжается до постоянного напряжения, равного входному напряжению 24 В, в то же время ограничивая всплеск на индуктивности рассеяния T_1 и обеспечивая путь для входного тока в то время, когда транзистор Q_1 закрыт. Это создает условия для непрерывного протекания входного тока и, таким образом, снижает пульсации тока в выходном конденсаторе.

Небольшие пульсации входного тока, характерные для этой топологии, требуют измерения коммутируемого тока, а не входного. Используемый для этой цели трансформатор T_2 не занимает слишком много места на плате (7×8 мм), но позволяет исключить потери 400 мВт на токоизмерительном резис-

торе. Далее перечислены решения, улучшающие КПД и другие характеристики схемы. Вывод Boost микросхемы LTC1624 обычно питает внутренний выходной драйвер (подключенный к выводу TG) стабилизированным напряжением 5.6 В, но на самом выводе TG напряжение составляет всего 4.2 В при входном напряжении 5 В. Если обойти внутренний регулятор, соединив выводы Boost и V_{IN} , можно увеличить напряжение затвора Q_1 , обеспечив выигрывать в КПД более 3.2%. R_1 и D_1 в случае чрезмерного увеличения входного напряжения ограничивают напряжение на выводе Boost ну уровнем ниже 7.8 В. Добавление транзисторов Q_2 и Q_3 позволяет увеличить КПД еще на 5.5% за счет увеличения скорости переключения и увеличения напряжения затвора с 5 В до 5.3 В. Это дополнительное напряжение возникает из-за избыточного тока эмиттера, когда Q_2 выключается после окончания заряда емкости затвора Q_1 . Транзисторы Q_4 и Q_5 пропорционально уменьшают выходное напряжение -48 В до напряжения 1.2 В, требуемого входу обратной связи (V_{FB}) для стабилизации выходного напряжения. Частота переключения LTC1624 уменьшается с выходным напряжением, снижая, тем самым, входной ток в условиях короткого замыкания выхода. **ПЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LTC1624](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor 2N5210](#)
3. [Datasheet Infineon IRL3705N](#)
4. [Datasheet ON Semiconductor MBRS340T3](#)
5. [Datasheet Diodes ZTX649](#)
6. [Datasheet Diodes ZTX749](#)

Источник тока с высоким выходным сопротивлением

Clayton Grantham

EDN

От источника опорного тока требуются высокая точность, низкий температурный дрейф и большое выходное сопротивление. Имеющиеся на рынке микросхемы источников тока отвечают некоторым из этих требований. Однако при уровнях тока более 1 мА их выходное сопротивление снижается до значений менее 10 МОм. На Рисунке 1 пока-

зана конфигурация составного источника тока 10 мА, способного работать в диапазоне напряжений от 5 до 42 В, с погрешностью установки тока менее 1%, температурным дрейфом менее 45 ppm/°C и выходным сопротивлением более 100 МОм. Одним из применений этого точного 10-миллиамперного источника тока с высоким выходным сопротивле-

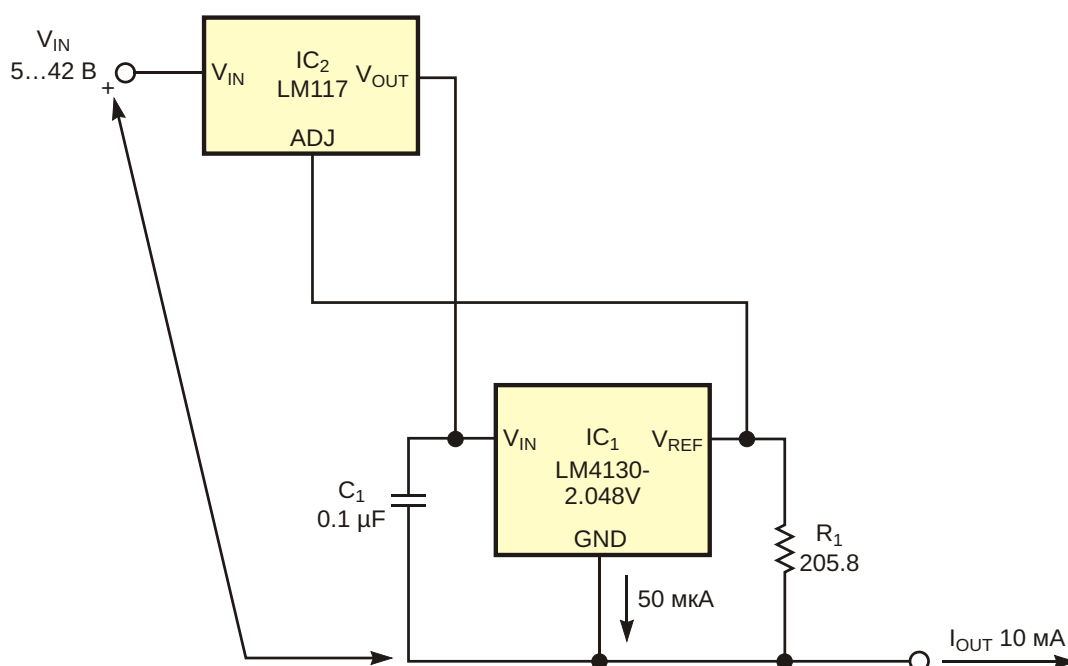


Рисунок 1. Такое сочетание источника опорного напряжения и линейного стабилизатора напряжения обеспечивает высокое выходное сопротивление.

нием может быть калибровка токовой петли 4-20 мА, работающей при максимальным напряжении 40 В в промышленном диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Выходной ток I_{OUT} определяется выходным напряжением V_{REF} микросхемы IC_1 и сопротивлением резистора R_1 . Ток равен сумме V_{REF}/R_1 и собственного тока микросхемы IC_1 , типовое значение которого составляет 50 мкА. При выходном токе $I_{\text{OUT}} = 10\text{ мА}$ эти 50 мкА вносят небольшую ошибку менее 0.05%, а изменение тока в диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ не превышает 10 мкА. Температурная зависимость V_{REF} и R_1 оказывает прямое и более серьезное влияние на точность I_{OUT} и температурный коэффициент схемы. В источнике использованы обычные недорогие резисторы с допуском 0.1% и температурным дрейфом 25 ppm/ $^{\circ}\text{C}$. Согласно данным технического описания, точность выходного напряжения V_{REF} микросхемы LM4130 в диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ равна 0.05%, а температурный дрейф – 20 ppm/ $^{\circ}\text{C}$. Таким образом, в самом худшем случае ошибка установки тока составит 0.15% и 45 ppm/ $^{\circ}\text{C}$, что определяет верхний предел погрешности в диапазоне температур, равный 0.45% или 45 мкА.

Характеристики схемы будут ухудшаться, если ее выходное сопротивление не будет

очень высоким. Выходное сопротивление определяется паразитной составляющей тока, параллельной выходному току I_{OUT} . Выходное сопротивление источника тока зависит от произведения коэффициентов стабилизации по входному напряжению микросхем IC_1 и IC_2 . Выходное напряжение 1.2 В микросхемы IC_2 поддерживает разность входного и выходного напряжений IC_1 почти на постоянном уровне. Коэффициенты стабилизации по входному напряжению микросхем IC_1 и IC_2 в диапазоне температур равны 500 ppm/V и 350 ppm/V, соответственно. Выходное сопротивление более 300 МОм было бы хорошим значением, если бы вы рассчитывали его, учитывая только влияние коэффициентов стабилизации. Но, хотя коэффициент стабилизации по входу и является доминирующим фактором, определяющим выходное сопротивление, температурный дрейф других параметров снижает его в полном диапазоне рабочих температур. Лабораторные измерения показали, что выходное сопротивление описанной схемы превышает 300 МОм при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 100 МОм в диапазоне температур от -40 до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM117](#)
2. [Datasheet National Semiconductor LM4130](#)

Автоматический выключатель цепи работает при напряжениях до 32 В

Greg Sutterlin

EDN

За простотой измерения тока в нижнем плече можно не увидеть преимуществ, которые дают измерения в верхнем плече. Контролировать токи в нагрузке источника питания, драйвере двигателя или другой силовой цепи можно как относительно верхней шины питания, так и относительно нижней шины

(земли). Но многие неисправности могут быть не определены монитором нижнего плеча, и нагрузка не будет защищена от опасных воздействий. В то же время, монитор в верхнем плече, подключенный непосредственно к источнику питания, может обнаружить любые проблемы в последующих цепях и

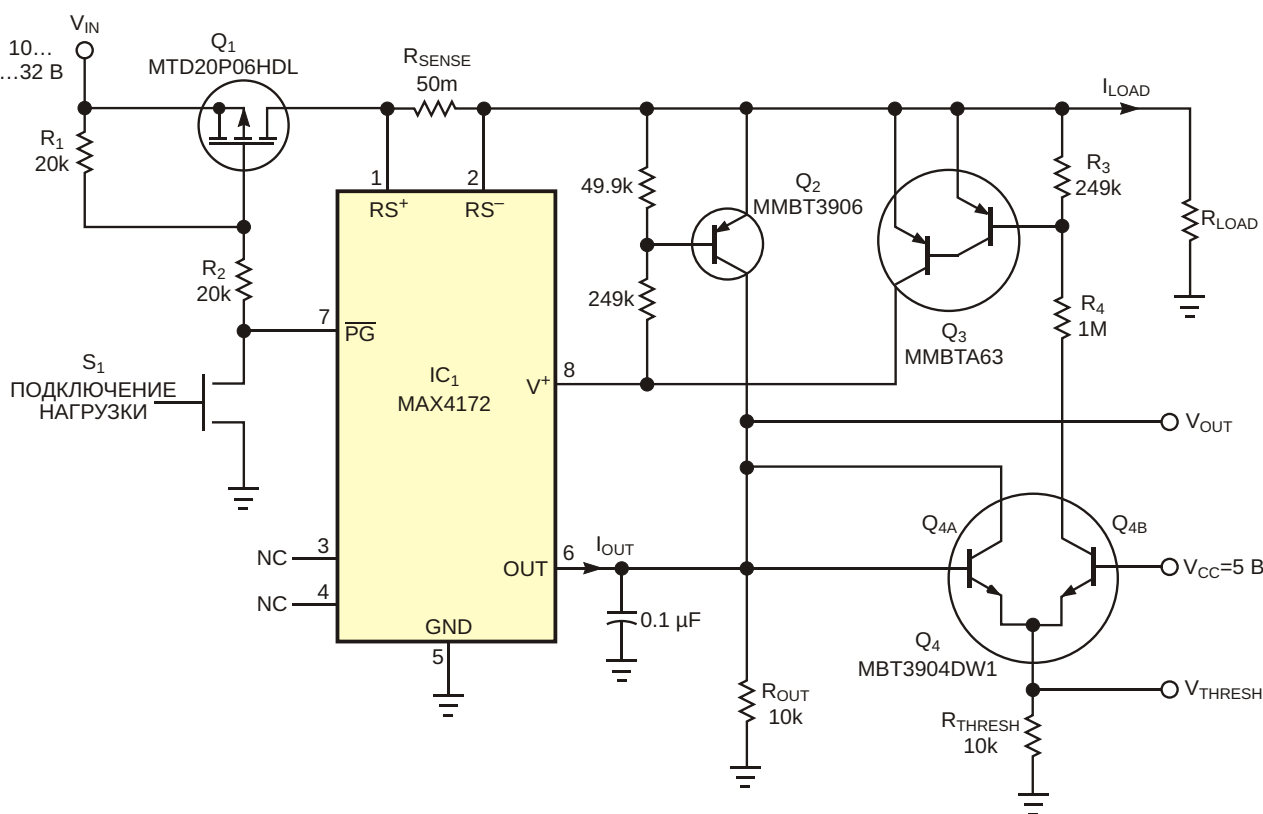


Рисунок 1. Токоизмерительный усилитель и несколько транзисторов образуют недорогой автоматический размыкатель цепи.

инициировать соответствующее действие для исправления ситуации. Обычно для подобных мониторов нужен прецизионный операционный усилитель, источник питания, учитывающий ограниченный диапазон синфазных напряжений усилителя, и несколько точных резисторов. Между тем, существует микросхема MAX4172, способная измерять токи в верхнем плече схемы в присутствии синфазных напряжений до 32 В (Рисунок 1). Микросхема IC₁ формирует привязанный к земле выходной токовый сигнал, пропорциональный току, измеряемому в верхнем плече. Этот ток, равный напряжению, падающему на внешнем токоизмерительном резисторе, деленному на 100, создает выходное напряжение на нагрузочном резисторе R_{LOAD}.

Недорогой размыкатель цепи состоит из микросхемы IC₁ и нескольких внешних компонентов. Резистор R_{SENSE} служит для измерения тока нагрузки, а транзистор Q1 управляет прохождением тока. Схема работает при напряжениях от 10 до 32 В, но ее легко изменить, чтобы расширить диапазон напряжений до 6.5 В. Первоначальная подача напряжений V_{IN} и V_{CC} переводит размыкатель в состояние отключения. Нажатие на кнопку S₁ сбрасывает схему и подключает питание к нагрузке, открывая транзисторы Q₁, Q₃ и Q_{4B}. Через Q₃ получает питание микросхема IC₁, а Q_{4B} устанавливает порог размыкания тока V_{THRESH} = V_{CC} - V_{BE(4B)}. (V_{BE(4B)} – напряжение база-эмиттер транзистора V_{4B}). Поскольку V_{CC} равно 5 В, а напряжение база-эмиттер транзистора Q_{4B} примерно равно 0.7 В, типичное значение V_{THRESH} составляет 4.4 В. Номинальный ток отключения схемы равен 1 А. Величины сопротивлений R_{SENSE}, R_{THRESH} и R_{OUT} являются функциями требований к точности системы и рассеиваемой мощности. Сначала выбираем R_{SENSE} = 50 мОм и R_{THRESH} = 10 кОм. Затем вычисляем

$$R_{OUT} = \frac{V_{CC}}{I_{LOAD} R_{SENSE} G_m},$$

где

I_{LOAD} – пороговое значение тока (1 А);

G_m – крутизна характеристики преобразования (типичное значение для IC₁ для равно 0.01 А/В).

Таким образом, R_{OUT} = 10 кОм.

Подача питания на Q₃ и Q_{4B} открывает эти транзисторы. Соответственно, устанавливается порог V_{THRESH} и активируется микросхема IC₁. Выходной ток микросхемы I_{OUT}, пропорциональный току, измеренному между выводами RS⁺ и RS⁻ на токоизмерительном резисторе R_{SENSE}, отображается как напряжение V_{OUT}, падающее на резисторе V_{OUT}. Когда V_{OUT} превысит сумму напряжений (V_{THRESH} + V_{BE(4B)}), транзистор Q_{4B} выключается, в свою очередь закрывается и Q₃, и напряжение на выводе V⁺ падает (вывод 8 микросхемы IC₁). Когда напряжение V⁺ достигает 2.67 В (типичное значение), уровень сигнала PG становится высоким, транзистор Q₁ закрывается, и выключатель размыкается. Q₂ добавляет обратную связь, обеспечивающую свободное от колебаний выключение при достижении порога размыкания тока. Потребляемый ток в отключенном состоянии ничтожен и равен току нагрузки V_{CC}, что в типичном случае составляет 0.5 мА. Для сброса размыкателя необходимо нажать кнопку S₁. Устройство предназначено для недорогих приложений, в которых абсолютная точность порога отключения тока не критична. Точность, зависящая от колебаний напряжения V_{CC} и разброса напряжений база-эмиттер транзисторов Q_{4A} и Q_{4B}, а также от тока ошибки, протекающего через R₄, при пороговом токе 1 А составляет примерно ±15%. **ПЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX4172](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor MBT3904DW1](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor MMBT3906](#)
4. [Datasheet ON Semiconductor MMBTA63](#)
5. [Datasheet ON Semiconductor MTD20P06HDL](#)

Сопротивление электронной нагрузки достигает нуля

Henry Santana

Electronic Design Europe

Общий подход к созданию электронных нагрузок заключается в использовании транзистора, подключенного к входным клеммам так, чтобы ток протекал от стока (коллектора) к истоку (эмиттеру). Сопротивление моделируется протекающим током, пропорциональным приложенному напряжению, в соответствии с формулой $I = V/R$. Контроллер отслеживает уровень приложенного напряжения и регулирует ток в соответствии с этим уровнем (Рисунок 1).

Чтобы достичь нулевого сопротивления, напряжение на контактах электронной нагрузки должно быть равно нулю при проте-

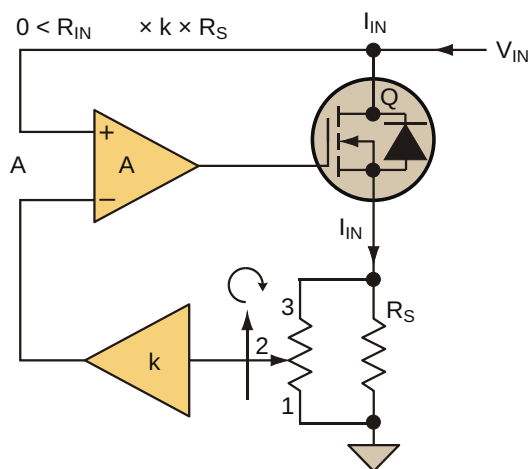


Рисунок 1. В электронной нагрузке обычно используется транзистор, подключенный к входным клеммам, поэтому ток течет от стока (коллектора) к истоку (эмиттеру).

кающем через контакты тока. Однако при этом условии проходной транзистор, не имея рабочего напряжения, теряет способность проводить ток. Для поддержания проводимости проходного транзистора подключается дополнительный источник питания (Рисунок 2). Требуемого напряжения

$$V_B = I_{IN(MAX)} R_S + V_{DS@I(MAX)}$$

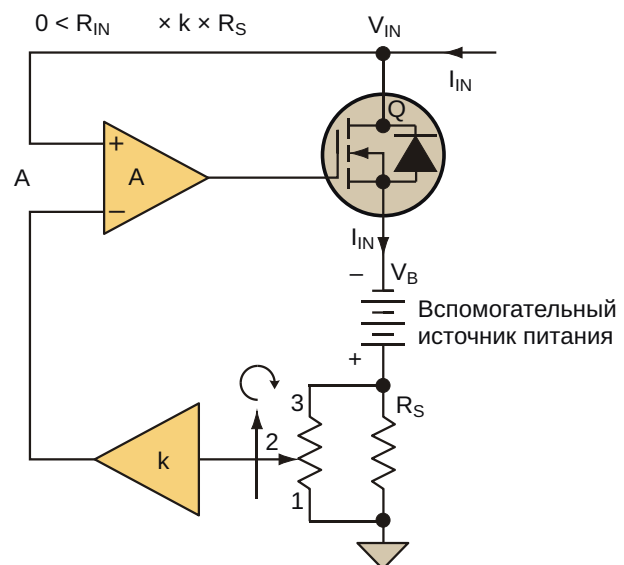


Рисунок 2. Для поддержания проводимости транзистора при нулевом сопротивлении нагрузки используется вспомогательный источник питания.

достаточно для поддержания прямой проводимости с $V_{IN} = 0$ и $0 < I_{IN} \leq I_{IN(MAX)}$. (Здесь $V_{DS@I(MAX)}$ – напряжение сток-исток при максимальном токе стока). Это условие соответствует нулевому эффективному входному сопротивлению R_{IN} .

Можно показать, что для $0 < I_{IN} \leq I_{IN(MAX)}$

$$R_{IN} = k R_S,$$

где k умножается на R_S , что позволяет сделать это сопротивление низким для уменьшения потерь мощности. Например, если $R_S = 1.0$ Ом и $k = 100$, то для $0 < I_{IN} \leq I_{IN(MAX)}$ эффективное входное сопротивление будет изменяться в диапазоне $0 < R_{IN} \leq 100$ Ом. Если максимальный входной ток $I_{IN(MAX)} = 1$ А и $V_{DS@I(MAX)} = 2$ В, то $V_B = 3$ В.

Практически во всех приложениях проходной транзистор должен быть установлен на

теплоотвод, поскольку рассеиваемая на нем мощность равна

$$P_{D(Q1)} = I_{IN(MAX)} (V_{IN(MAX)} - V_B) I_{IN(MAX)} R_S.$$

Если в этом примере $V_{IN(MAX)} = 15$ В, то транзистор должен иметь максимальную мощность рассеивания 17 Вт. Это будет эквивалентно 15-ваттному резистору, регулируемо-му от 0 до 100 Ом.

Вы можете спросить, зачем был добавлен дополнительный источник питания между истоком MOSFET и токоизмерительным резистором для выполнения условия «нагрузка 0 Ом» (по существу, короткое замыкание на клеммах входного напряжения) на Рисунке 2. В конце концов, кому нужна электронная нагрузка в условиях, когда на ней 0 В (то есть, короткое замыкание)?

Ведь если требуется замкнуть электронную нагрузку, всегда можно использовать

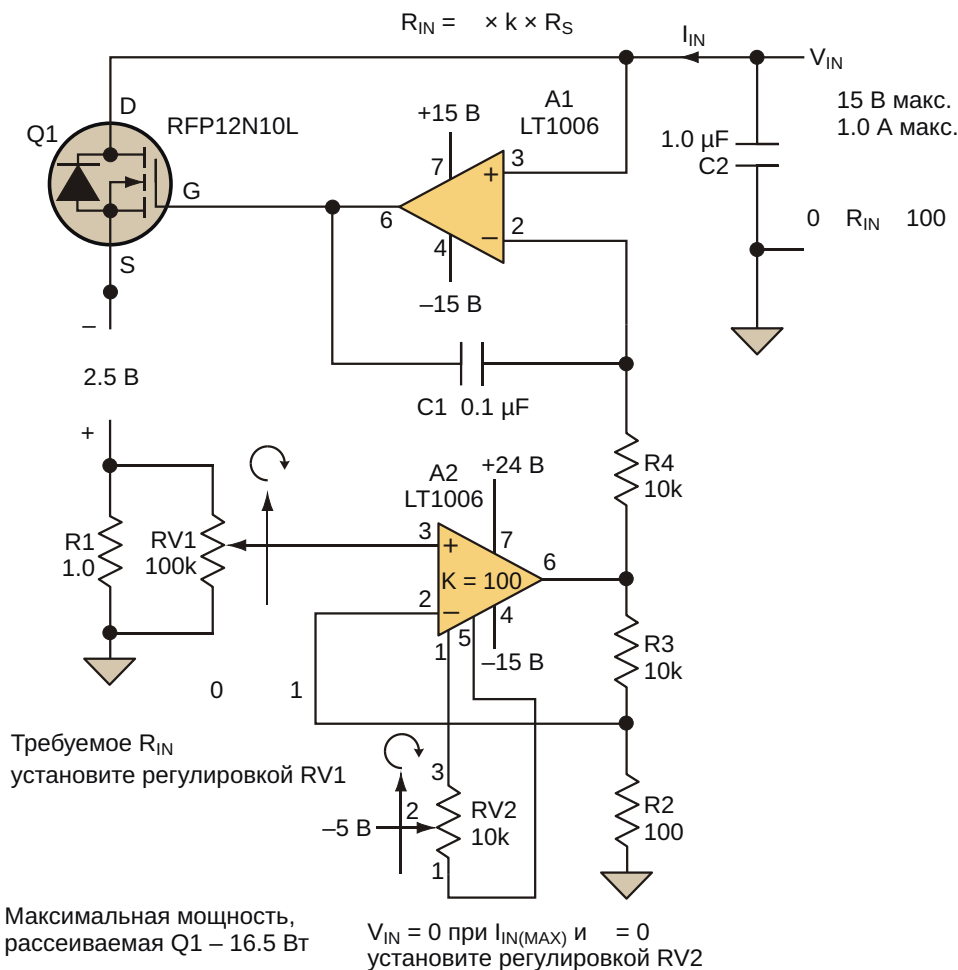


Рисунок 3. Эта практическая схема имитирует состояние нулевого сопротивления нагрузки для тестирования низковольтных источников питания.

реле, непосредственно замыкающее входные клеммы. Или же, если вам нужно, чтобы все компоненты были твердотельными, вы можете выбрать другой, намного более силовоточный MOSFET (с сопротивлением канала в несколько миллиом), подключить его прямо параллельно входу и управлять им с помощью выключателя. Такое решение было бы намного более простым (и дешевым), чем добавление второго источника питания последовательно с измерительным резистором. Так зачем же использовать дополнительный источник питания?

Ответ таков. С помощью этой электронной нагрузки можно проверять низковольтные источники питания (3.3 В и ниже), где нагрузка по напряжению (то есть 1 В) не позволяла бы проводить испытания в условиях короткого замыкания. Это полезно при тестировании отклика источников питания на короткое замыкание, порога отключения тока и эффективности защиты от перегрузки.

К тому же, MOSFET даже с низким сопротивлением канала не проводит ток при напряжении сток-исток (V_{DS}), равном нулю. Для поддержания проводимости MOSFET при больших токах требуется отличное от нуля напряжение (см. Примечание А). Эта схема будет поддерживать нужное напряжение V_{DS} при виртуальном коротком замыкании.

Наконец, жесткий переключатель, такой как реле, не может обеспечить плавный переход сопротивления. Описанная здесь схема действует, скорее, как реостат, но с возмож-

ностью дистанционного управления напряжением (см. Примечание Б). Ток нагрузки не должен проходить через контроллер. Для переключения диапазонов нагрузки потребовалось бы несколько реле. Эта схема обеспечивает плавное (бесступенчатое) изменение эффективной резистивной нагрузки в большом диапазоне значений, включающем 0 Ом.

Схему можно масштабировать для увеличения напряжений и токов. Практическая реализация схемы показана на Рисунке 3.

Примечание А:

Например, сопротивление канала MOSFET типа RFP30N06, согласно справочным данным, равно 0.047 Ом. При токе 30 А этому устройству требуется напряжение V_{DS} не менее 2 В. Короткое замыкание на источнике питания 3.3 В/30 А было бы неэффективным. При питании 1.8 В он не будет проводить этот ток.

Примечание Б:

Эффективное сопротивление может регулироваться усилителем, управляемым напряжением [1]. **ПЛ**

Ссылки

1. [«Op Amp And Two JFETs Form A Voltage-Controlled Amplifier»](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LT1006](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor RFP12N10L](#)



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Если Вам
небезразличны темы:

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

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

приглашаем к сотрудничеству!

РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

Приложение для мобильных устройств (планшетов и смартфонов)



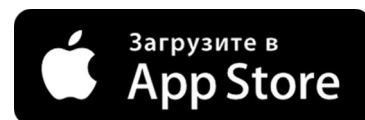
ANDROID »
GOOGLE PLAY



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



IOS (IPHONE, IPAD) »
APP STORE



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

Устанавливайте приложение и скачивайте!
Доступен весь архив номеров журнала.