




- 
- 70 Изолированный обратногоходовой преобразователь с выходным напряжением 1000 В
 - 4 КПД гибридного понижающего 72-вольтового DC/DC преобразователя Analog Devices достигает 97%
 - 26 Почему обмотки дросселя обратногоходового преобразователя могут иметь разное число витков

32

11 МИФОВ

О 8-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ



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



odnoklassniki.ru/rlocman



twitter.com/rlocman

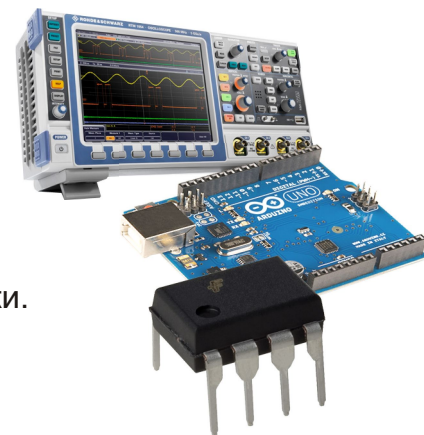


google.com/+RlocmanRuPlus

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

А. Гаврилюк
В. Колесник
С. Муратчаев
А. Николаев
Н. Радунцева
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 (495) 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 КПД гибридного понижающего 72-вольтового DC/DC преобразователя Analog Devices достигает 97%
- 6 Samsung приступает к производству первых микросхем 512-гигабайтной флеш-памяти для следующего поколения мобильных устройств
- 7 Toshiba анонсирует выпуск новых жестких дисков корпоративного класса со скоростью вращения шпинделя 10,500 об/мин
- 7 Усовершенствованная концепция корпуса фотодиодов нового поколения упрощает процесс производства
- 8 AKM выпустила новый драйвер двигателей для устройств бытовой электроники
- 9 VLSI Solution объявляет о доступности 4-мегабитного статического ОЗУ
- 10 Melexis анонсировала новые драйверы вентиляторов для автомобильных приложений
- 11 Sensirion представила самый точный цифровой датчик температуры
- 12 Bosch запускает в производство сверхэкономичный акселерометр для носимых устройств и приложений Интернета вещей
- 13 Nexperia расширяет портфель микросхем стандартной логики новыми трансляторами уровней
- 13 Allegro представила новый высокоточный дифференциальный датчик тока с двумя программируемыми порогами перегрузки
- 14 Новая линейка SiC диодов Шоттки компании Littelfuse снизит потери переключения и повысит эффективность силовых устройств
- 15 Analog Devices анонсировала малопотребляющий активный смеситель с полосой рабочих частот до 7 ГГц
- 16 Высокотемпературные танталовые конденсаторы Vishay обеспечат повышенную надежность промышленных и нефтедобывающих приложений
- 17 Новые линейные драйверы Infineon повысят эффективность использования светодиодных полос
- 18 Allegro дополнила семейство датчиков тока двумя новыми широкополосными приборами
- 18 Texas Instruments предоставила разработчикам новый мощный контроллер автомобильного светодиодного освещения
- 20 Toshiba выпускает сверхминиатюрные LDO стабилизаторы для приложений Интернета вещей
- 20 Ricoh начинает производство DC/DC преобразователей с ультранизким током потребления, предназначенных для систем сбора энергии
- 21 Toshiba выпустила ультракомпактные двунаправленные TVS диоды для защиты интерфейсов портативных устройств
- 22 Analog Devices выпустила токовый ЦАП, предназначенный для регулировки выходного напряжения любых DC/DC преобразователей
- 23 Vishay Intertechnology представляет новый излучающий диод УФ диапазона со сверхбольшим сроком службы
- 24 Dialog представила первые конфигурируемые микросхемы смешанных сигналов с возможностью внутрисхемного программирования

Статьи

- 26 Почему обмотки дросселя обратного преобразователя могут иметь разное число витков. Часть 1
- 32 11 мифов о 8-битных микроконтроллерах
- 38 ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ РОССИЯ. Волоконно-оптические трансиверы компании «Файбер Трейд». Часть 1
- 42 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Транзистор отметил свое 70-летие
- 44 Ограничение пускового тока изолированного преобразователя с помощью схемы мягкого старта

Схемы

- 48 Обратный АЦП двойного интегрирования расширяет динамический диапазон измерений
- 51 Использование недорогих быстродействующих ОУ в качестве тактовых буферов
- 54 Простой сверхнизкочастотный генератор синусоидальных и прямоугольных сигналов
- 56 Увеличение выходного импеданса биполярного источника тока на высоких частотах
- 60 Гальваническая изоляция интерфейса I²C с улучшенной помехоустойчивостью
- 62 Логарифмический усилитель на микросхеме таймера 556
- 64 Простая схема заменяет механический выключатель
- 66 Оригинальный преобразователь -48 В в напряжение +10 В на коммутируемых
- 68 Простой пороговый выключатель для светодиодного индикатора
- 70 Изолированный обратного преобразователь с выходным напряжением 1000 В
- 73 Импульсный ограничитель тока защищает дополнительный выход от коротких замыканий

КПД гибридного понижающего 72-вольтового DC/DC преобразователя Analog Devices достигает 97%

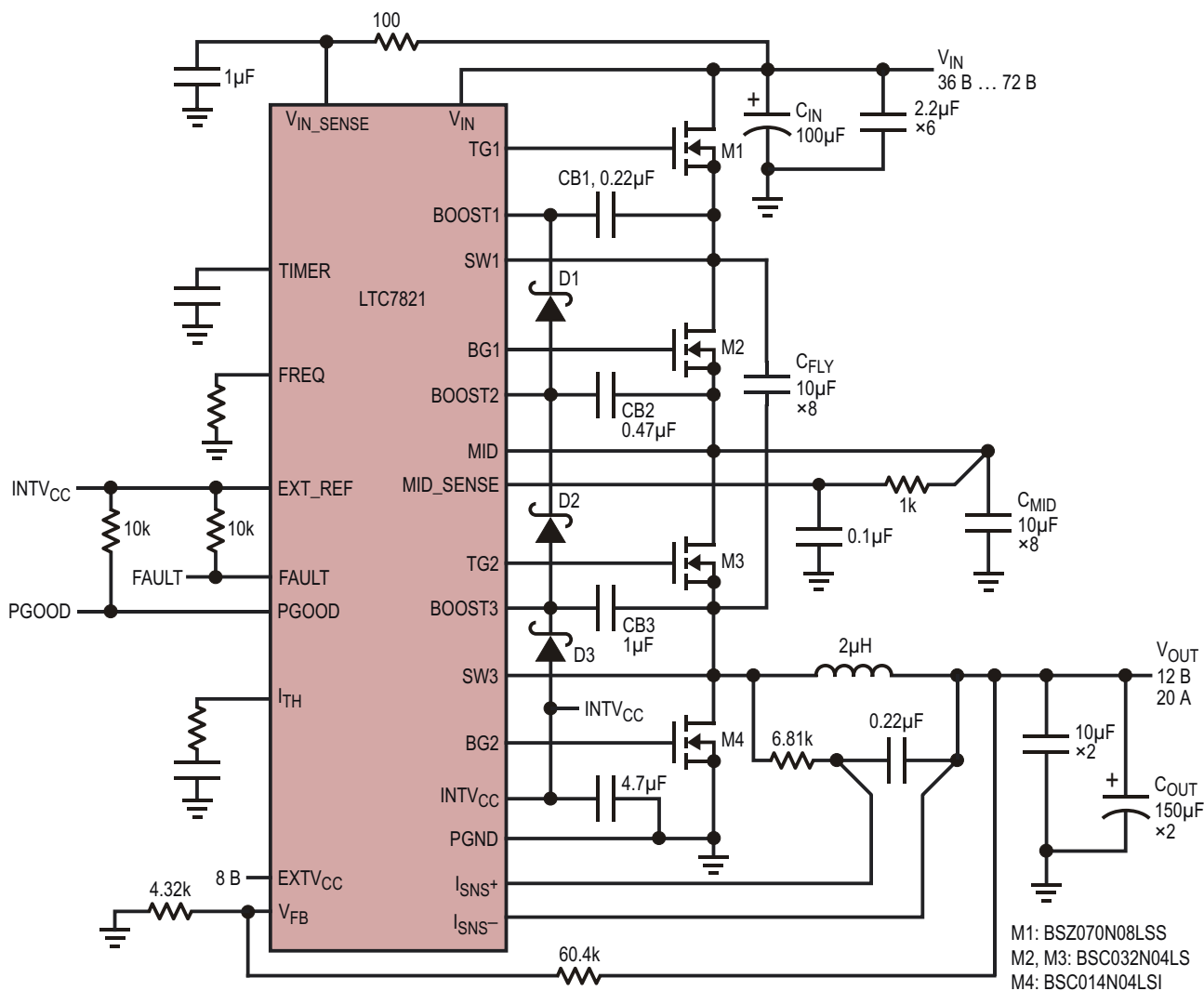
Analog Devices анонсирует первый в отрасли контроллер гибридного синхронного понижающего преобразователя Power by Linear LTC7821, объединяющего схему на коммутируемых конденсаторах с контроллером понижающего DC/DC преобразователя. По сравнению с обычными понижающими решениями новое устройство даст возможность сэкономить до 50% площади печатной платы. Такая архитектура позволяет без снижения КПД втрое повысить частоту переключения, а при работе на той же частоте решение на основе LTC7821 может обеспечить до 3% более высокий КПД. Низкий уровень излучаемых помех и облегченный режим работы внешних MOSFET идеально подходят для следующего поколения неизолированных промежуточных шин в приложениях распределенного питания, системах передачи данных и телекоммуникационном оборудовании, а также в будущих электронных устройствах автомобилей с напряжением бортовой сети 48 В.



LTC7821 работает при входных напряжениях от 10 В до 72 В (абсолютный максимум 80 В) и может стабилизировать выходное напряжение от 0.9 В до 35 В при токах в десятки ампер, в зависимости от выбора внешних компонентов. В типичном приложении с входным напряжением 48 В, выходным напряжением 12 В и током нагрузки 20 А достигим КПД 97% при частоте переключения, равной 500 кГц. В традиционных синхронных понижающих преобразователях такой КПД можно получить лишь при втрое меньшей рабочей частоте, что потребовало бы

использования намного более крупных дросселей и компонентов выходных фильтров. Внешние MOSFET переключаются на фиксированной частоте, программируемой в диапазоне от 200 кГц до 1.5 МГц. Интегрированные в LTC7821 мощные драйверы N-канальных MOSFET с выходными сопротивлениями 1 Ом способствуют увеличению КПД преобразователя и в приложениях повышенной мощности могут управлять несколькими MOSFET, включенными параллельно. Благодаря работе в режиме стабилизации по току (CCM), несколько LTC7821 для увеличения выходной мощности можно включать в параллельной многофазной конфигурации, получая при этом отличное распределение токов между каналами.

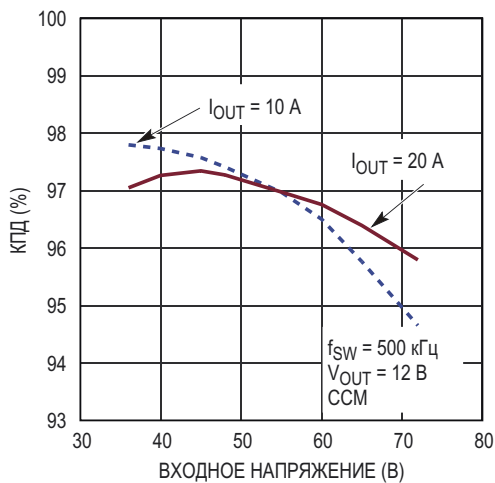
Множество запатентованных защитных функций обеспечивает высокую надежность LTC7821 в широком спектре приложений. Интегрированные в LTC7821 цепи предварительной балансировки конденсаторов исключают пусковые броски тока, характерные для схем с зарядовыми насосами. LTC7821 контролирует соответствие допустимым значениям напряжения, тока и температуры системы, и при возникновении аварийной ситуации останавливает генератор и сигнализирует о неисправности низким уровнем на выходе /FAULT. Для защиты от перегрузки выхода используется датчик на основе внешнего токоизмерительного резистора. С помощью встроенного таймера можно устанавливать требуемые времена перезапуска и восстановления после перегрузки. Для снижения рассеиваемой мощности и повышения КПД предусмотрен вывод EXTV_{CC}, к которому можно подключать любой доступный источник с более низким напряжением, не превышающим 40 В. Микросхема гарантирует точность стабилизации выходного напряжения $\pm 1\%$ во всем диапазоне рабочих температур, имеет вывод тактового сигнала для параллельного включения нескольких контроллеров и выход сигнала «Питание в норме». В LTC7821 интегрированы цепи защиты от коротких замыканий и блокировки при пониженном входном напряжении. Кроме того, следует отметить монотонный характер нарастания выходного напряжения при запуске преобразователя, а также наличие



Типовая схема включения.

дополнительного входа внешнего источника опорного напряжения и внутренней схемы балансировки конденсаторов.

LTC7821 выпускается в корпусе QFN-32 размером 5 мм × 5 мм. Доступны версии для расширенного и промышленного диапазонов температур от -40 до 125 °C.



Зависимость КПД от входного напряжения при выходном напряжении 12 В.

Сводка основных характеристик LTC7821

- Широкий диапазон выходных напряжений от 10 В до 72 В (абсолютный максимум 80 В);
- Диапазон выходных напряжений от 0.9 В до 33.5 В;
- Сокращение размеров решения до 50%;
- Мягкое переключение для снижения уровня излучаемых помех и уменьшения нагрузки на MOSFET;
- КПД до 97% на частоте 500 кГц;
- Тактовый генератор 200 кГц ... 1.5 МГц с ФАПЧ;
- Выход тактового сигнала для поддержки многофазного режима;

- Четыре мощных драйвера N-канальных MOSFET;
- Контроль входного тока и защита от перегрузки;
- Защита от коротких замыканий с программируемым таймером и восстановлением;

- Выходной сигнал «Питание в норме».

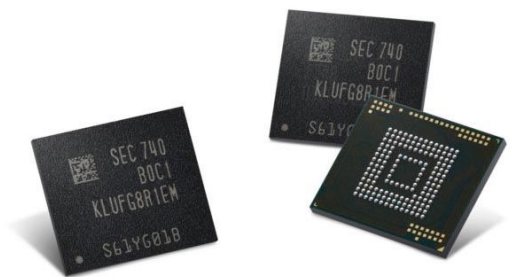
Цена и доступность

Микросхемы LTC7821 выпускаются серийно и в партиях из 1000 приборов продаются по ценам, начинающимся от \$5.20 за штуку.

Samsung приступает к производству первых микросхем 512-гигабайтной флеш-памяти для следующего поколения мобильных устройств

Новый уровень стандартов запоминающих устройств для обработки постоянно растущих объемов мобильного контента

Samsung Electronics объявила о начале массового производства первой в отрасли встраиваемой универсальной флеш-памяти (embedded Universal Flash Storage – eUFS) емкостью 512 ГБ для использования в мобильных устройствах следующих поколений. Представленные приборы, основанные на 64-слойных кристаллах V-NAND емкостью 512 Гбит, обеспечат беспрецедентную емкость памяти и высокую производительность для флагманских моделей смартфонов и планшетов следующих поколений.



Новые приборы Samsung, состоящие из установленных друг на друга восьми 64-слойных кристаллов V-NAND емкостью 512 Гбит и кристалла контроллера, удваивают плотность хранения предыдущих eUFS, основанных на 48-слойных чипах V-NAND емкостью 256 Гбит, занимая такой же объем, что и корпус 256 ГБ. Увеличенная емкость eUFS намного расширит возможности мобильных устройств. К примеру, новый накопитель высокой емкости позволяет флагманскому смартфону сохранить порядка 130 10-минутных видеоклипов формата 4K Ultra HD (3840 × 2160), что примерно в десять раз пре-

вышает возможности eUFS 64 Гбит, позволяющего записать лишь около 13 видеоклипов такого же размера.

Для улучшения характеристик новой памяти и повышения ее энергоэффективности Samsung разработала и запатентовала ряд новых технологий. Усовершенствованная конструкция 64-слойных 512-гигабитных чипов V-NAND и новая технология управления памятью сводят к минимуму неизбежное увеличение потребляемой энергии, что особенно примечательно, учитывая двукратный рост количества запоминающих ячеек по сравнению с eUFS объемом 256 ГБ. Кроме того, новый контроллер управления памятью eUFS ускоряет трансляцию логических адресов блоков в физические.

Созданная Samsung eUFS емкостью 512 ГБ отличается исключительно высоким быстродействием, как в режиме чтения, так и в режиме записи. Скорость последовательного чтения и записи достигающая 860 МБ/с и 255 МБ/с, соответственно, позволяет перенести на твердотельный накопитель видеоклип Full HD эквивалентного размера 5 ГБ примерно за шесть секунд – более чем в восемь раз быстрее, чем на типичные карты microSD.

Скорость произвольного доступа к памяти составляет 42,000 операций в секунду при чтении и 40,000 операций в секунду в режиме записи. Это примерно в 400 раз быстрее, чем 100 операций ввода/вывода в секунду, типичные для обычной карты microSD, благодаря чему пользователи мобильных устройств получают беспрецедентное наслаждение от таких мультимедийных возможностей, как

режим непрерывной съемки высокого разрешения или поиск и загрузка видео в режиме двух приложений.

В связи с этим Samsung намерена активно наращивать объемы выпуска своих 64-слойных 512-гигабитных чипов V-NAND, и

кроме того, расширять производство V-NAND объемом 256 Гбит. Это позволит удовлетворить растущий спрос на более совершенные встраиваемые устройства хранения данных, а также на твердотельные накопители и съемные карты памяти премиального класса.

Toshiba анонсирует выпуск новых жестких дисков корпоративного класса со скоростью вращения шпинделя 10,500 об/мин

Серия жестких дисков AL15SE обеспечивает надежную поддержку критически важных устройств и целостность данных в диапазоне емкостей до 2400 ГБ

Toshiba Electronics Europe анонсировала создание нового поколения жестких дисков корпоративного класса со скоростью вращения шпинделя 10,500 об/мин, предназначенных для особо ответственных приложений серверов и хранилищ данных. Представленная в новой серии модель AL15SE емкостью 2400 ГБ по объему хранимой информации на 33% превосходит накопители Toshiba AL14SE предыдущего поколения и на сегодня имеет наибольшую емкость среди дисков Toshiba со скоростью вращения 10,500 об/мин.



Серия AL15SE, созданная для обеспечения максимальной производительности, под-

держивает двухпортовый интерфейс SAS со скоростью передачи 12 Гбит/с, оптимизирующий пропускную способность канала обмена с хостом. Для всех моделей используется одинаковый компактный форм-фактор 2.5" с высотой 15 мм. Модели с расширенными форматами, поддерживающие естественные сектора 4К и эмулированные сектора 512e, выпускаются с объемами от 600 ГБ до 2400 ГБ, а по скорости передачи данных они на 15% превосходят устройства предыдущей серии AL14SE. Новые модели с форматом секторов 512n охватывают диапазон емкостей от 300 ГБ до 1200 ГБ.

В числе устройств серии AL15SE есть модели, в которых реализована разработанная Toshiba технология постоянного кэширования (Sanitize Instant Erase – SIE), надежно обеспечивающая целостность данных при внезапных отказах питания. Низкие задержки и большая емкость, достигающая 2400 ГБ, позволят повысить производительность критически важных серверов и запоминающих устройств, включая гибридные платформы хранения данных.

Образцы жестких дисков AL15SE могут быть приобретены уже сейчас.

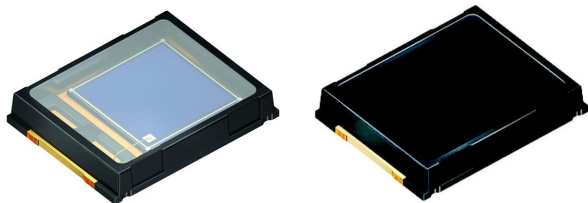
Усовершенствованная концепция корпуса фотодиодов нового поколения упрощает процесс производства

В отличие от аналогов со сроком установки, не превышающем трех дней, новые фотодиоды Osram можно паять без повреждения корпуса в течение года после вскрытия упаковки

Osram Opto Semiconductors представила первые в мире фотодиоды в корпусах для поверхностного монтажа, рассчитанных на

размещение кристаллов большой площади, отвечающие строгим требованиям автомобильной промышленности даже при рабочей

температуре 125 °С. Новые фотодиоды SFH 2200 A01 и SFH 2200 FA A01, соответствующие нормам стандарта AEC-Q101-C, идеальны для использования в датчиках дождя. Важно также, что следуя общей стратегии миниатюризации подобных продуктов, Osram Opto Semiconductors сделала новые фотодиоды гораздо более компактными, чем ее предыдущие модели.



SFH 2200 A01.

SFH 2200 FA A01.

Специалистам компании также удалось значительно повысить влагостойкость приборов (Moisture Sensitivity Level – MSL) – параметр, используемый для определения времени, за которое количество абсорбированной из воздуха влаги в компоненте станет достаточно высоким для повреждения корпуса в процессе пайки. Теперь, после вскрытия неповрежденной упаковки и первого контакта приборов с воздухом, у производителей есть больше времени для установки SFH 2200 A01 и SFH 2200 FA A01 на плату, при условии, что датчики будут храниться при температуре не более 30 °С и влажности, не превышающей 60%. Это соответствует уровню MSL2, гарантирующему клиентам воз-

можность пайки компонента без повреждения корпуса в течение года после распаковки, и позволяющему чрезвычайно гибко организовывать процесс производства. Для сравнения, аналогичные продукты имеют уровень влагостойкости MSL4, гарантирующий время хранения до пайки без повреждения корпуса всего 72 часа. Предназначенные для поверхностного монтажа корпуса широкополосных диодов позволяют очень легко контролировать качество пайки после оплавления припоя.

Ключевыми особенностями SFH 2200 A01 и SFH 2200 FA A01 являются гибкость и удобство применения, обусловленные использованием миниатюрных корпусов с размерами 4.0 мм × 5.1 мм × 0.85 мм, что намного меньше, чем у предыдущих моделей BPW34S и BPW34FAS, имеющих габариты 4.0 мм × 6.5 мм × 1.15 мм.

Основным назначением новых фотодиодов являются датчики дождя, устанавливаемые за лобовыми стеклами автомобилей. При падении капли дождя на ветровое стекло, фотодиоды регистрируют изменение показателя преломления света, на основании которого системой управления рассчитываются режим и скорость работы стеклоочистителей.

Кремниевые фотодиоды SFH 2200 A01 и SFH 2200 FA A01 практически идентичны. Единственное различие состоит в том, что SFH 2200 FAA01 имеет фильтр дневного света, а у SFH 2200 A01 такого фильтра нет.

AKM выпустила новый драйвер двигателей для устройств бытовой электроники

Asahi Kasei Microdevices Corporation (AKM) разработала драйвер двигателя, работающий от одного источника питания с напряжением до 18 В. Микросхема AP1010AEN идеально подходит для 12-вольтовых систем и может использоваться в разнообразной бытовой технике, например, для управления запорными клапанами водонагревателей, в холодильниках или в генераторах льда. Оптимизированные цепи защиты от перегрева и перегрузки по току позволяют без снижения уровня безопасности исключить из цепи питания двигателя плавкий предохранитель.



AP1010AEN может управлять двумя двигателями постоянного тока или одним шаговым двигателем.

Особенности драйвера AP1010AEN

- **Высокая надежность, обеспеченная несколькими защитными функциями**

Цепи защиты AP1010AEN от пониженного напряжения, перегрузки по току и перегрева с оптимизированными порогами срабатывания обеспечивают отключение системы в аварийных ситуациях, например, при коротких замыканиях, и позволяют обойтись без плавкого предохранителя

в цепи питания. Кроме того, защита от токовой перегрузки может быть отключена внешними сигналами, что позволяет при старте или остановке двигателя избежать сбоев, обусловленных пусковыми или регенеративными токами.

- **Малогобаритный корпус**

Микросхема AP1010AEN выпускается в 16-выводном корпусе QFN с размерами 3 мм × 3 мм.

Основные технические характеристики

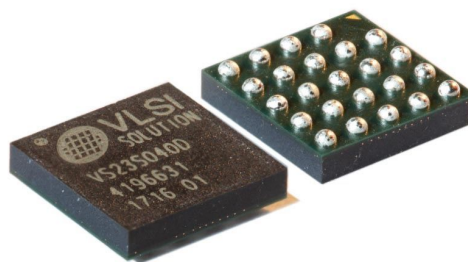
Диапазон рабочих напряжений	6 В ... 18 В
Максимальный выходной ток	0.7 А при температуре 25 °С
Сопротивление открытого канала (верхнее + нижнее плечо)	1.1 Ом при температуре 25 °С
Зарядовый насос	Встроенный
Возможность параллельного включения	Есть
Порог срабатывания схемы защиты от пониженного напряжения	4.3 В (тип.)
Порог срабатывания схемы защиты от перегрева	155 °С (тип.)
Порог срабатывания схемы защиты от перегрузки по току	1.3 А (мин.)
Диапазон рабочих температур	-30 °С ... +85 °С
Корпус	QFN
Размеры	3 мм × 3 мм × 0.7 мм
Статус производства	Выпускается с ноября 2017 года

VLSI Solution объявляет о доступности 4-мегабитного статического ОЗУ

Финская компания VLSI Solution сообщила о доступности микросхемы универсального статического запоминающего устройства (SRAM) VS23S040 с интерфейсом SPI и наибольшей емкостью среди аналогичных устройств, предлагаемых сегодня на рынке.

VS23S040 – это простая в использовании микросхема статического ОЗУ емкостью четыре мегабита. Доступ к ячейкам памяти может осуществляться через стандартный последовательный интерфейс SPI (в одно-, двух- и четырехбитном режиме), или через 8-битный параллельный интерфейс 8080, подобный интерфейсу NAND флеш-памяти.

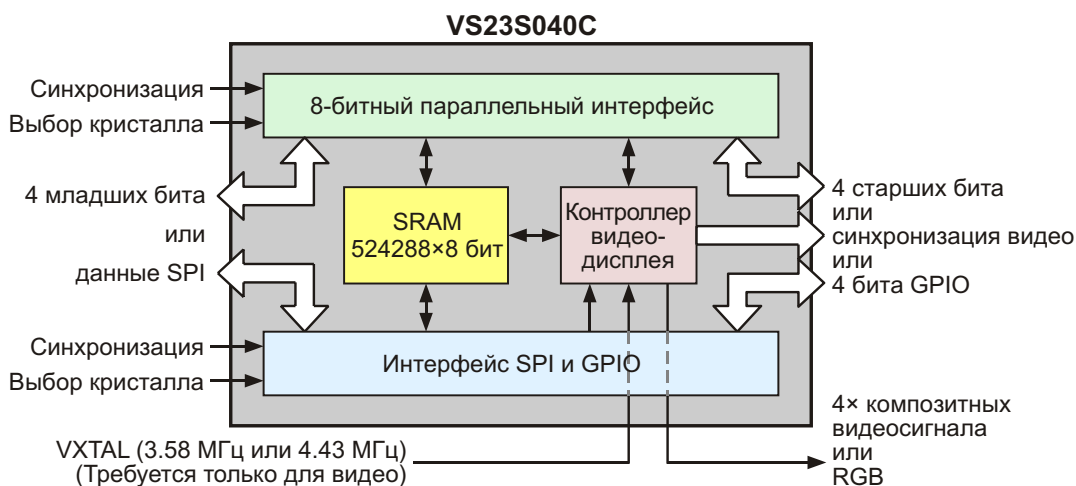
Одним из основных приложений VS23S040 является применение микросхемы в качестве буфера для устройств аудиозаписи. Особый выигрыш от буферной памяти большого объема получают системы, в которых используются микроконтроллеры для записи на карты SD несжатых форматов аудио с высокой частотой дискретизации. Кроме того, устройство



может использоваться для расширения ОЗУ микроконтроллеров и поддержки потоковых приложений Интернета.

Помимо запоминающего устройства микросхема содержит программируемые генераторы композитных и обычных видеосигналов. Это позволяет VS23S040 генерировать четыре композитных видеосигнала NTSC или PAL, один сигнал RGB или до четырех тестовых картинок.

VS23S040 работает от единственного источника питания с очень гибким диапазоном напряжений от 1.5 В до 3.6 В. Сочетание стандартного четырехпроводного интерфей-



Блок-схема VS23S040.

са SPI и промышленного диапазона рабочих температур ($-40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +85\text{ }^{\circ}\text{C}$) делают устройство одновременно надежным и простым для использования в приложениях, требующих дополнительного ОЗУ.

Интерфейс SPI поддерживает три режима ввода/вывода: стандартный, двухканальный (Dual) и четырехканальный (Quad). В свою очередь, каждый из этих режимов поддерживает параллельную или последовательную

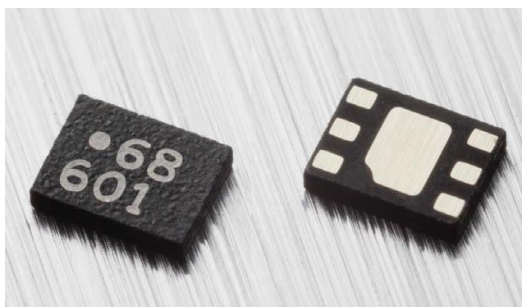
передачу байтов. Благодаря высокой скорости интерфейса SPI, полный объем памяти 524,288 байт в режиме Quad может быть заполнен за 1,048,591 тактов синхронизации SPI. При использовании SPI на максимальной частоте 36 МГц время записи во все ячейки памяти составит менее 29.2 мс.

VS23S040 поставляется в небольшом корпусе BGA24, имеющем размеры 5 мм × 5 мм и отвечающем требованиям директивы RoHS.

Melexis анонсировала новые драйверы вентиляторов для автомобильных приложений

Мягкие характеристики переключения сверхкомпактных драйверов обеспечивают низкие уровни электромагнитных излучений и акустических шумов в приложениях управления вентиляторами

Melexis анонсировала новые микросхемы драйверов вентиляторов, предназначенные для использования в автомобилях и других приложениях, где могут быть востребованы высокая надежность и сверхмалые размеры.

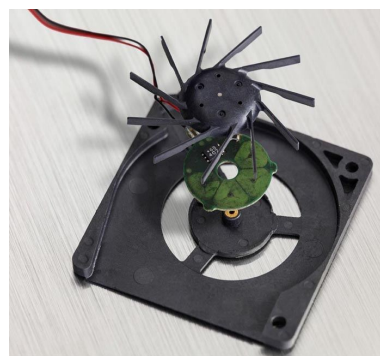


Микросхемы US168KLD и US169KLD рассчитаны на управление однообмоточными бесщеточными вентиляторами и двигателями постоянного тока в автомобильном диапазоне температур окружающей среды. Мягкие характеристики переключения гарантируют низкие уровни электромагнитных излучений и акустических шумов, делая новые драйверы идеальными устройствами для салонного оборудования автомобилей, такого как вентиляторы датчиков, а также вентиляторы охлаждения беспроводных зарядных устройств, компьютеров и средств воспроизведения мультимедиа.

Помимо полномостовых драйверов, способных отдавать в нагрузку токи до 300 мА

при напряжении питания от 1.8 В до 5 В, микросхемы содержат высокочувствительные датчики Холла. Встроенные цепи защиты от обратного напряжения, блокировки ротора и перегрева кристалла обеспечивают надежность работы драйверов в самых сложных приложениях.

Оба устройства выпускаются в крошечном корпусе UTDFN6, имеющем высоту 0.4 мм и занимающем на печатной плате площадь всего 3 мм², что позволяет интегрировать их в сверхтонкие вентиляторы. US168 имеет выход сигнала тахометра (FG), а у US169 на этот контакт выведен сигнал тревоги (RD). Новые драйверы вентиляторов будут сертифицированы на соответствие требованиям автомобильного стандарта AEC-Q100, гарантирующего их надежность в самых тяжелых условиях эксплуатации.



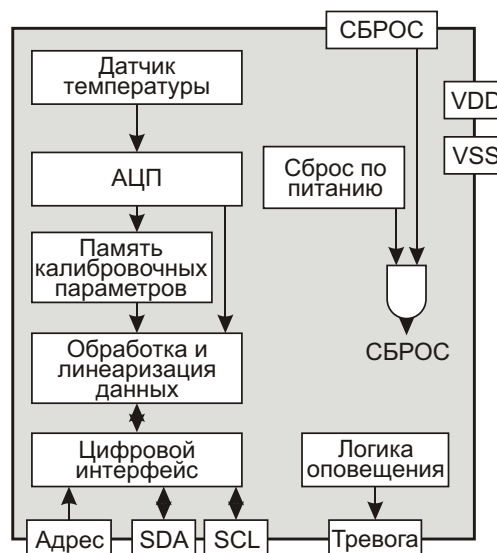
фицированы на соответствие требованиям автомобильного стандарта AEC-Q100, гарантирующего их надежность в самых тяжелых условиях эксплуатации.

Sensirion представила самый точный цифровой датчик температуры

Sensirion представила датчик температуры STS35 – самый точный прибор в семействе датчиков общего назначения STS3x, предназначенный для удовлетворения потребностей рынков медицинского и автомобильного оборудования. Типичными приложениями STS35 являются измерение температуры тела и системы терморегулирования.



Новый датчик температуры STS35 является самой совершенной моделью серии STS3x, обеспечивая высочайшую точность измерения ± 0.1 °C. Так же, как и другие приборы семейства STS3x, STS35 отличается высокой надежностью и расширенным набором интеллектуальных функций. В датчике реализованы усовершенствованный алгоритм обработки сигналов, а также поддержка шины I²C со скоростью обмена до 1 МГц и возможностью выбора пользователем одного из двух адресов. Миниатюрный корпус DFN с размерами всего 2.5 мм × 2.5 мм × 0.9 мм и широкий диапазон напряжений питания от



Функциональная схемы датчиков семейства STS3x-DIS.

2.4 В до 5.5 В позволяют интегрировать STS35 в широкий спектр приложений.

Кроме того, STS35 содержит настраиваемую функцию оповещения, которая может использоваться для пробуждения системы при изменении температуры. Как и все датчики, выпускаемые Sensirion, семейство STS3x изготавливается по уникальной технологии CMOSens, объединяющей на одном кристалле чувствительный элемент и измерительную электронику, что обеспечивает большие объемы производства с исключительным соотношением функциональности и цены.

Bosch запускает в производство сверхэкономичный акселерометр для носимых устройств и приложений Интернета вещей

- Ультра низкое потребление мощности в сочетании с высокими рабочими характеристиками
- Интеллектуальное управление питанием
- Встроенный шагомер с током потребления 4 мкА
- Награда выставки CES 2018

Bosch Sensortec приступила к производству ультра маломощных датчиков ускорения BMA400, предназначенных для носимых устройств и приложений Интернета вещей. По сравнению с существующими акселерометрами ток, потребляемый BMA400, снижен в десять раз при сохранении высокого уровня характеристик прибора. Эти качества обеспечили датчику ускорения BMA400 победу в категории «Встраиваемые технологии» на только что закончившейся выставке CES 2018.



Ультра низкое потребление в сочетании с высокой эффективностью

Обычно приходится делать выбор между мощностью, потребляемой акселерометрами, и уровнем их технических характеристик. Теперь же BMA400 дает возможность отказаться от поиска компромиссов, предоставляя уникальное сочетание низкой мощности потребления, великолепных характеристик и расширенных функций, недостижимое для любого другого устройства на современном рынке.

Благодаря непрерывно выполняемым измерениям, высококачественный сигнал датчика имеет точно определенные частоты среза, что намного повышает его устойчивость к вибрациям. Это крайне важно для приложений Интернета вещей, таких как

интеллектуальные системы домашней безопасности, где BMA400 сможет отличать реальные ситуации тревоги, например, разбитое стекло, от ложных сигналов, создаваемых случайными вибрациями. Таким образом, ложные сигналы, поступающие из внешней среды от таких источников, как, скажем, строительные работы, могут быть легко исключены.

Интеллектуальное управление питанием

Благодаря ультра низкому току 4 мкА, потребляемому шагомером, и таким интеллектуальным функциям управления питанием, как распознавание активности, BMA400 может эффективно обеспечить беспрецедентное время работы батарей в фитнес-браслетах, умной одежде, часах и мониторах физической активности.

BMA400 автоматически просыпается только при обнаружении движения и возвращается в спящий режим сразу же после прекращения движения, чем вносит дополнительный вклад в экономию энергии. Эта функция может быть особенно полезной в приложениях, питающихся от таблеточных батареек, например, в умных датчиках открывания окон домашних устройств климат-контроля или в системах безопасности.

Небольшой корпус с размерами всего 2.0 × 2.0 × 0.95 мм и не требующий настройки интегрированный шагомер делают использование датчика ускорения BMA400 максимально удобным в самых различных приложениях. Это сокращает время выхода продукта на рынок, упрощая добавление функциональности шагомера в новые типы носимых устройств, таких как обычные часы и ювелирные изделия.

Дополнительные особенности датчика

Благодаря встроенному стабилизатору напряжения, BMA400 сохраняет стабильные

параметры в широком диапазоне напряжений питания. Прибор предоставляет гибкие возможности настройки потребляемой мощности и скорости вывода данных. В режиме наилучших характеристик VMA400 потребляет ток 14 мкА и обеспечивает плотность шума 220 мкВ/ Гц. В режиме ультра низкого расхода энергии с автопробуждением ток падает до ничтожных значений 1 мкА и менее. Дат-

чик содержит также буфер FIFO емкостью 1 Кбайт.

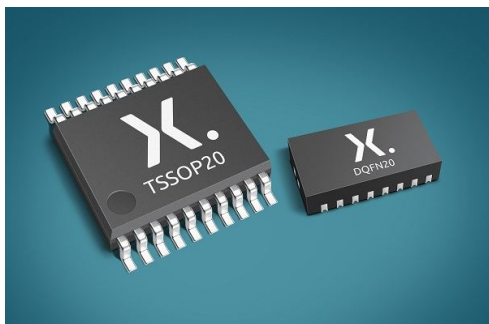
Доступность

Производителям и дистрибьюторам VMA400 будут доступны, начиная с июня 2018 года. В настоящее время по запросу можно получить инженерные образцы новых датчиков.

Нexperia расширяет портфель микросхем стандартной логики новыми трансляторами уровней

Сдвиговой регистр с транслятором уровней, предназначенный для рынка микросхем стандартной логики

Nexperia, бывшее подразделение стандартных продуктов компании NXP, объявила о расширении своего портфеля логических микросхем, в настоящее время самого большого в отрасли. Новые устройства переносят специализированные решения Nexperia для преобразования уровней в область стандартных сдвиговых регистров.



Микросхема 74LVC8T595 является первым в мире каскадируемым 8-битным расширителем ввода-вывода с последовательным входом и параллельным выходом, в котором объединены функции сдвигового

регистра и транслятора уровней. Это однокристальное решение заменяет два устройства, повышая уровень интеграции и сокращая размеры конструкций. Микросхема работает в диапазоне напряжений питания от 1.1 В до 5.5 В, позволяя подключать новейшие низковольтные контроллеры к более старым приборам.

В 74LVC8T595 используется общая для семейства LVC технология энергосбережения, основанная на частичном снижении тока, потребляемого в неактивном режиме. Устройство выпускается в 20-выводном корпусе TSSOP и в безвыводном корпусе DQFN. Оба корпуса рассчитаны на диапазон рабочих температур от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$, и при наличии заинтересованности потребителей могут быть выпущены в версии, отвечающей требованиям автомобильного стандарта AEC-Q100.

Nexperia уже продает самые маломощные трансляторы для напряжений 5 В, 3.3 В и 1.8 В и теперь, выпустив сдвиговой регистр с преобразователем уровней, добавляет к своей линейке новый стандарт напряжения.

Allegro представила новый высокоточный дифференциальный датчик тока с двумя программируемыми порогами перегрузки

Датчик с интегрированной низкоомной силовой шиной с прочностью электрической изоляции до 4800 В

Allegro MicroSystems представила новый высокоточный интегральный датчик тока на основе эффекта Холла с несколькими программируемыми уровнями тревоги, предназ-

наченный для контроля электродвигателей и силовых инверторов в промышленных и потребительских приложениях. Одной из ключевых особенностей микросхемы



ACS720 является запатентованная конструкция корпуса SOIC-16W, позволившая добиться высокого качества изоляции при сокращении количества материалов. Для работы ACS720 необходим единственный источник питания с напряжением 5 В, при котором выходное напряжение изменяется в диапазоне от 0 В до 3 В и имеет стабильное значение 1.5 В при нулевом измеряемом токе. Это обеспечивает совместимость 5-вольтовой микросхемы ACS720 с типичными 3.3-вольтовыми АЦП, используемыми во многих микроконтроллерах. Кроме того, высокий коэффициент подавления пульсаций питания позволяет сохранить необходимую точность измерений при наличии шумов на силовых шинах печатной платы или системы.

Микросхема имеет две настраиваемые тревожные функции, конфигурируемые пользователем с помощью внешних резистивных делителей. Функции с быстрой и медленной реакцией выхода предназначены для регистрации коротких замыканий и перегрузок по току, соответственно. Выходы выполняющих эти функции цепей построены по

схеме с открытым стоком, что позволяет с помощью подтягивающих резисторов согласовывать уровни сигналов ACS720 с уровнями сигналов микроконтроллеров, имеющих иное напряжение питания, а также объединять тревожные выходы нескольких датчиков по схеме простого монтажного «ИЛИ».

В ACS720 используется дифференциальный способ измерения тока, делающий ее нечувствительной к внешним магнитным полям и значительно упрощающий компоновку печатной платы в приложениях управления трехфазными двигателями. В приборе реализован метод прямого усиления сигнала датчика Холла в сочетании с запатентованной Allegro технологией цифровой компенсации изменений температуры, что позволило в большинстве приложений, где традиционно используются компенсационные датчики, достичь такой же высокой точности измерений, но при меньших размерах и стоимости конечного решения.

Микросхема ACS720 выпускается в компактном корпусе SOIC16 для поверхностного монтажа. Выводная рамка покрыта 100% матовым оловом и совместима со стандартными процессами монтажа бессвинцовых компонентов. Микросхема не содержит свинца, за исключением внутренних шариковых контактов, изготавливаемых из основанного на свинце высокотемпературного сплава, и в настоящее время выведенных из под действия директивы RoHS. Перед отправкой с завода каждый прибор проходит полный цикл калибровки.

Новая линейка SiC диодов Шоттки компании Littelfuse снизит потери переключения и повысит эффективность силовых устройств

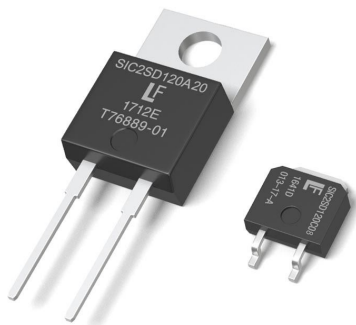
Предназначены для приложений с повышенными требованиями к надежности и управлению тепловыми режимами

Littelfuse выпустила четыре новых серии 1200-вольтовых карбид-кремниевых (SiC) диодов Шоттки, расширивших ее семейство продуктов второго поколения, впервые появившееся на рынке в мае 2017 года.

Приборы серий LSIC2SD120A08, LSIC2SD120A15 и LSIC2SD120A20, рассчитанные на максимальные токи 8 А, 15 А и 20 А, соответственно, выпускаются в популярных корпусах TO-220-2L. Кроме того, пред-

лагаются 8-амперные диоды LSIC2SD120C08 в корпусах TO-252-2L. Совмещенная р-п архитектура SiC устройств Шоттки второго поколения отличается повышенной устойчивостью к броскам тока и сниженными токами утечки. Замена стандартных кремниевых биполярных силовых диодов новыми карбид-кремниевыми диодами Шоттки позволит разработчикам значительно снизить потери переключения, смягчить требования к импу-

льским токам и использовать приборы при температуре перехода до 175 °С. Это существенно повысит эффективность и надежность силовой электроники.



В перечень типичных приложений новых SiC диодов Шоттки входят:

- Активные корректоры коэффициента мощности.
- Повышающие или понижающие каскады DC/DC преобразователей.
- Диоды свободного хода в каскадах инверторов.

- Высокочастотные выходные выпрямители.

Рынки, на которых могут быть востребованы новые диоды, включают источники питания, солнечную энергетику, промышленные приводы двигателей, устройства для сварки и плазменной резки металлов, зарядные станции электромобилей, индукционные печи и многое другое.

SiC диоды Шоттки второго поколения дают следующие преимущества:

- Наименьший в своем классе накопленный заряд и ничтожно малое время обратного восстановления снижают потери переключения до очень низких уровней и уменьшают нагрузку на встречный ключ, что дает возможность использовать приборы в высокочастотных силовых схемах.
- Самое низкое в своем классе прямое падение напряжения уменьшает потери проводимости.
- Максимальная температура перехода 175 °С позволяет увеличить проектные запасы и снизить требования к тепловому управлению.

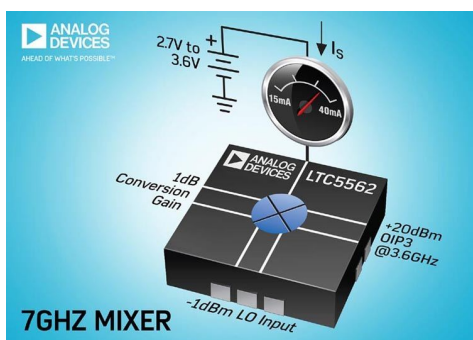
Analog Devices анонсировала малопотребляющий активный смеситель с полосой рабочих частот до 7 ГГц

Analog Devices анонсировала выпуск высокоэффективного малопотребляющего активного двойного балансного смесителя, 50-омное согласование портов которого поддерживается в исключительно широком диапазоне частот от 30 МГц до 7 ГГц. Универсальный смеситель LTC5562 предназначен как для повышающего, так и для понижающего преобразования частоты с исключительным для приборов такого класса усилением 2 дБ. Устройство работает от шины питания 3.3 В, потребляя номинальный ток 30 мА. Для портативных и переносных приложений, требующих пониженного расхода энергии,

можно задать конфигурацию смесителя, в которой потребляемый ток уменьшится до 15 мА. Высокая линейность смесителя характеризуется точкой пересечения интермодуляции третьего порядка (OIP3), расположенной на уровне +20 дБм на частоте 3.6 ГГц.

Сочетание низкой потребляемой мощности, широкой полосы рабочих частот и большого динамического диапазона идеально для множества мобильных приложений, таких как портативные измерительные приборы, аварийные радиостанции с батарейным питанием, военные ранцевые радиостанции, портативные модемы, широкополосные точки доступа и малые соты, радиоустройства нелицензируемых диапазонов, широкоэмиттерное радио, системы дистанционного контроля и средства управления беспилотными летательными аппаратами.

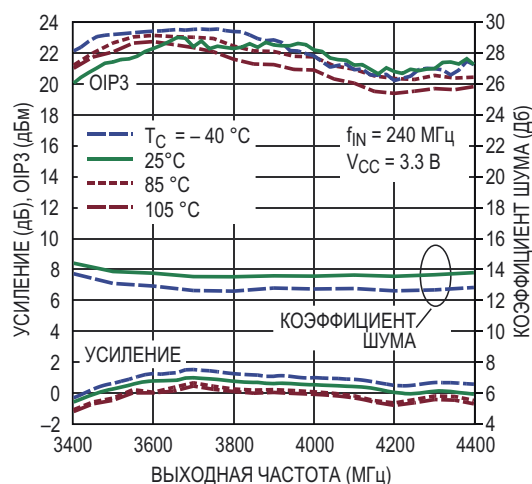
LTC5562 выпускается в крошечном 10-выводном корпусе QFN с размерами 2 мм × 2 мм. Характеристики устройства гарантируются в диапазоне температур корпуса от -40 °С до 105 °С. Для дополнительной экономии энергии предусмотрен вход разрешения,



с помощью которого внешний контроллер может перевести смеситель в режим останова с типовым током потребления всего 10 мкА.

Сводка основных характеристик LTC5562

- Вход, согласованный в диапазоне частот от 30 МГц до 7 ГГц;
- Вход гетеродина, согласованный от низких частот до 9 ГГц;
- Дифференциальный вход промежуточной частоты от 0 до 7 ГГц;
- Повышающее или понижающее преобразование частоты;
- Высокая линейность: выходная точка пересечения третьего порядка находится на уровне
 - 20 дБм на частоте 3.6 ГГц,
 - 17 дБм на частоте 5.8 ГГц;
- Высокая чувствительность входа гетеродина: минимальный уровень входного сигнала –1 дБм;
- Низкий уровень взаимопроникновения каналов гетеродина и ВЧ: –30 дБм на частоте 5.8 ГГц;
- Усиление преобразования 2 дБ на частоте 5.8 ГГц.



Зависимость усиления, OIP3 и коэффициента шума от выходной частоты. (Мощность сигнала гетеродина –2 дБм, общий ток потребления 35 мА).

Цена и доступность

В настоящее время потребителям доступны как инженерные образцы, так и промышленные партии новых смесителей. В партиях из 1000 приборов цена одной микросхемы начинается от \$4.75.

Высокотемпературные танталовые конденсаторы Vishay обеспечат повышенную надежность промышленных и нефтедобывающих приложений

Устройства с выводами для монтажа в отверстия с рабочей температурой до +200 °С имеют повышенную устойчивость к механическим ударам и вибрации и увеличенный до 1000 часов срок службы

Vishay Intertechnology представила новую серию герметичных танталовых конденсаторов с жидким диэлектриком, предназначенных для работы при температуре окружающей среды до +200 °С. Устройства серии T34 повышенной надежности для промышленных и нефтедобывающих приложений с аксиальными выводами для монтажа в отверстия имеют высокую устойчивость к механическим ударам и вибрациям и увеличенный срок службы.

Конденсаторы, оптимизированные для энергонакопительных, времязадающих, фильтрующих и импульсных приложений, отличаются высокой стойкостью к вибрациям (синусоидальная – 80 г, произвольная – 54 г)



и механическим ударам (500 г). Минимальный срок службы устройств при температуре +200 °С составляет 1000 часов. Конденсаторы серии T34 выпускаются в корпусах с кодовыми обозначениями А, В, С и D на напряже-

ния от 25 В до 125 В с широким диапазоном емкостей от 10 мкФ до 470 мкФ и стандартными отклонениями номиналов $\pm 10\%$ и $\pm 20\%$.

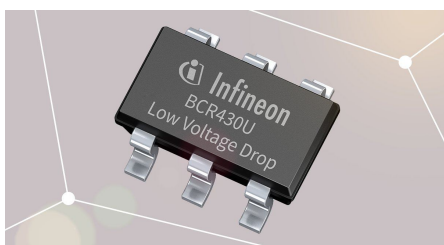
Устройства работают при температуре от -55°C до $+85^\circ\text{C}$ без ограничения характеристик и до $+200^\circ\text{C}$ со снижением допустимого напряжения, обеспечивая ESR не более 0.75 Ом на частоте 120 Гц при температуре $+25^\circ\text{C}$. Фотодиоды не содержат галогенов и

соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green. Предлагаются варианты приборов как с бессвинцовыми выводами, так и с выводами, покрытыми оловянно-свинцовым припоем.

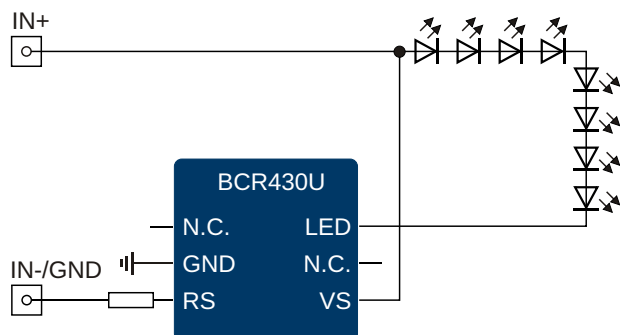
Единичные образцы конденсаторов T34 могут быть предоставлены немедленно, а срок выполнения крупных заказов составляет 12 недель.

Новые линейные драйверы Infineon повысят эффективность использования светодиодных полос

Infineon Technologies выпустила новый линейный стабилизатор тока BCR430U, предназначенный для управления цепочками светодиодов и отличающийся наименьшим в отрасли падением напряжения на регулирующем элементе. Микросхема рассчитана на автономную работу и не нуждается во внешнем транзисторе. В список типичных приложений BCR430U входят управление светодиодными полосами, архитектурной подсветкой, торговым и аварийным освещением, а также светодиодные дисплеи.

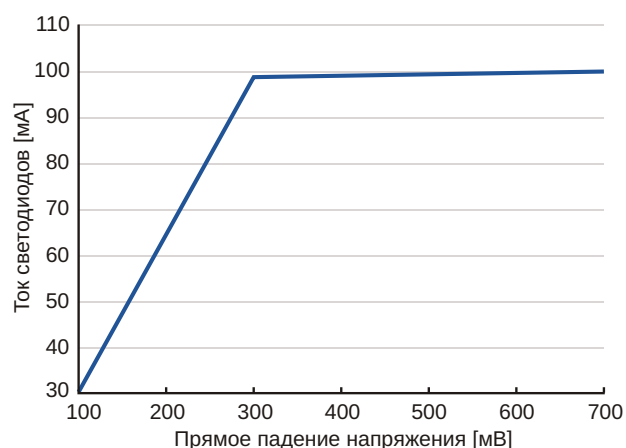


Падение напряжения на интегральной схеме драйвера может быть снижено до 135 мВ при токе 50 мА. Это повышает общий КПД и обеспечивает запас по напряжению, необходимый для компенсации разброса



Типовая схема включения BCR430U в системе с напряжением питания 24 В.

прямых падений на светодиодах и колебаний напряжения питания. Такая гибкость расширяет выбор проектных решений и позволяет, не меняя напряжения питания, увеличить количество светодиодов в создаваемом устройстве.



Зависимость тока светодиодов от прямого падения напряжения при напряжении питания 24 В.

Ток драйвера светодиодов стабилизируется в диапазоне от 5 мА до 100 мА и может легко регулироваться с помощью внешнего высокоомного резистора, подключенного к специальному выводу управления. Диапазон напряжений питания BCR430U составляет от 6 В до 42 В. Для повышения уровня безопасности и надежности и продления срока службы светодиодов в драйвер интегрирована интеллектуальная схема контроля температуры, снижающая выходной ток при чрезмерном увеличении температуры перехода.

Доступность

BCR430U выпускается серийно в корпусе SOT-23-6.

Allegro дополнила семейство датчиков тока двумя новыми широкополосными приборами

Микросхемы датчиков тока с полосой рабочих частотой 1 МГц и электрической прочностью изоляции 3600 В с.к.з.

Существующее семейство датчиков тока Allegro MicroSystems пополнилось двумя широкополосными приборами нового поколения. Компактные, быстрые и точные микросхемы ACS732 и ACS733 являются идеальным решением для измерения высокочастотных токов в DC/DC преобразователях и других импульсных силовых приложениях. Это первые приборы Allegro, способные измерять ток с частотой до 1 МГц и имеющие электрическую прочность изоляции 3600 В с.к.з. В основанных на эффекте Холла микросхемах датчиков реализована программируемая пользователем функция обнаружения перегрузки по току. Это делает их идеальными для измерения тока обмоток силовых высокочастотных трансформаторов и замены трансформаторов тока в высоковольтных приложениях.



Микросхемы ACS732 и ACS733 подходят для всех рынков, в том числе для автомобильных, промышленных, коммерческих и коммуникационных систем. Приборы могут использоваться в приводах электродвигателей, устройствах контроля различных нагру-

зок, импульсных источниках питания, а также в приложениях защиты от токовых перегрузок. Для обеспечения высокой точности измерений во всем диапазоне рабочих температур приборы проходят полный цикл калибровки на заводе Allegro.

Полностью интегрированные устройства в широком корпусе SOIC-16 имеют медную токоизмерительную шину с типовым сопротивлением 1 мОм, снижающую потери мощности, сокращающую количество необходимых компонентов и, в конечном счете, упрощающую использование датчиков. Протекая по шине, измеряемый ток создает магнитное поле, которое воспринимается микросхемой и преобразуется в пропорциональное напряжение. Для устранения влияния внешних синфазных магнитных полей в приборе используется дифференциальный метод измерения. Выводы 1-8, предназначенные для протекания измеряемого тока, электрически изолированы от выводов датчика 9-16. Это позволяет измерять токи в приложениях верхнего плеча без использования специальных дифференциальных усилителей, изоляторов или других дорогостоящих методов гальванической развязки.

Микросхемы ACS732 и ACS733 выпускаются в компактных низкопрофильных широких корпусах SOIC-16, предназначенных для поверхностного монтажа. Приборы не содержат свинца, их выводная рамка покрыта 100% матовым оловом (при наличии в маркировке суффикса T).

Texas Instruments предоставила разработчикам новый мощный контроллер автомобильного светодиодного освещения

Комбинация контроллера и внешнего MOSFET позволяет достичь большей мощности и надежности, а также снизить рассеяние тепла в автомобильных системах светодиодного освещения

Texas Instruments (TI) представила первый трехканальный линейный контроллер для управления транзисторами верхнего плеча автомобильных драйверов светодиодов. Микросхема не содержит внутренних сило-

вых MOSFET, предоставляя больше гибкости при проектировании систем освещения. Инновационная архитектура микросхемы TPS92830-Q1, позволяющая повысить мощность и улучшить тепловые характеристики



по сравнению с традиционными драйверами светодиодов, будет особенно полезна для автомобильных приложений светодиодного освещения, требующих высокой эффективности и надежности.

Обычные драйверы светодиодов содержат встроенный MOSFET, ограничивающий возможности разработчиков и нередко вынуждающий их существенно изменять конструкцию устройства, чтобы обеспечить необходимые характеристики. Напротив, гибкие встроенные функции контроллера TPS92830-Q1 позволяют свободно выбрать MOSFET, наилучшим образом отвечающий требованиям системы. Этот новый подход дает возможность быстрее и эффективнее оптимизировать конструкции питания мощных автомобильных световых приборов в соответствии с требованиями системы и желаемыми характеристиками диммирования.

Ключевые особенности и преимущества TPS92830-Q1

• Гибкость:

Регулировка яркости светодиодов может осуществляться с помощью встроенного ШИМ-генератора или внешними ШИМ-сигналами. Разработчики могут использовать как аналоговое, так и ШИМ управление выходными токами более 150 мА на канал для питания задних комбинированных фонарей и дневных ходовых огней автомобиля.

• Улучшенные тепловые характеристики:

Комбинация контроллера и внешнего MOSFET позволяет за счет перераспределения тока между микросхемой и силовыми транзисторами получить требуемую высокую выходную мощность, избежав перегрева системы. Сохраняя линейную архитектуру, TPS92830-Q1 обеспечивает

сниженные уровни электромагнитных излучений и лучшие характеристики электромагнитной совместимости.

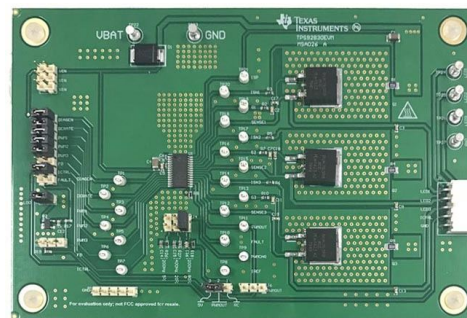
• Повышенная надежность:

Усовершенствованная защита и встроенные цепи обнаружения обрывов и коротких замыканий, а также функция снижения выходного тока при росте напряжения питания, защищающая внешний MOSFET, помогают разработчикам создавать надежные OEM-системы.

Контроллер TPS92830-Q1 расширил обширный портфель светодиодных драйверов, инструментов разработки и технических ресурсов TI, помогающий внедрять инновационные решения в системы автомобильного освещения.

Инструменты и поддержка

Для поддержки разработчиков TI предлагает оценочный модуль сильноточного трехканального линейного контроллера светодиодов, содержащий микросхему TPS92830-Q1. Быстро приступить к созданию автомобильных светотехнических систем на основе TPS92830-Q1 разработчикам поможет базовый проект устройства управления ходовыми и габаритными огнями автомобиля с тепловой защитой светодиодов, отвечающий всем требованиям отраслевых стандартов электромагнитной совместимости.



Оценочная плата трехканального сильноточного линейного контроллера светодиодов TPS92830-Q1.

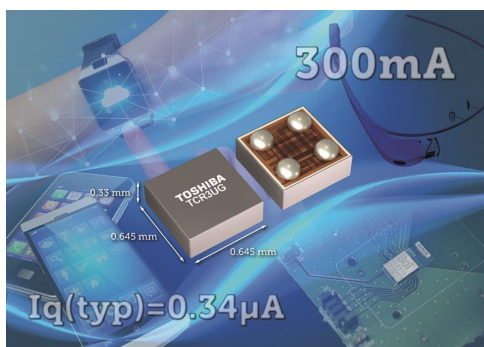
Корпус, цена и доступность

Микросхема TPS92830-Q1 выпускается в корпусе TSOP и уже доступна для приобретения в онлайн магазине TI и у авторизованных дистрибьюторов компании по цене \$1.96 за штуку при объеме партии 1000 приборов.

Toshiba выпускает сверхминиатюрные LDO стабилизаторы для приложений Интернета вещей

В новых устройствах сочетаются низкие токи потребления, высокий коэффициент подавления пульсаций и быстрая реакция на переходные процессы

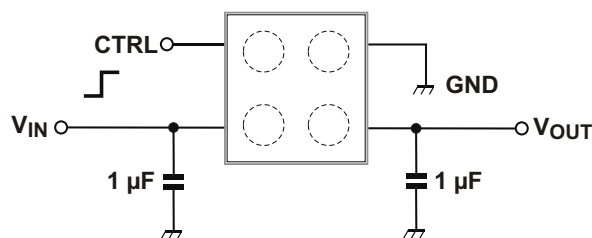
Toshiba Electronics Europe начала производство новой серии миниатюрных LDO стабилизаторов с выходным током 300 мА для управления питанием модулей Интернета вещей, носимых устройств и смартфонов.



При выборе LDO разработчикам всегда приходится искать компромисс между током потребления, коэффициентом подавления пульсаций и реакцией на скачки нагрузки. Сосредоточив усилия на достижении наименьшего тока потребления, создатели TCR3UG в то же время обеспечили лучшее в отрасли сочетание уровня подавления пульсаций питания и реакции на переходные процессы в нагрузке. В микросхемы интегрированы различные функции безопасности, включая блокировку выхода при перегреве кристалла, защиту от перегрузки и подавление бросков пускового тока.

Серия микросхем TCR3UG, выпускаемых в самом миниатюрном в отрасли корпусе WCSP4F с размерами 0.645 мм × 0.645 мм и максимальной высотой 0.33 мм, внесет свой вклад в снижение размеров, и особенно толщины мобильных устройств, что весьма существенно, например, для таких приложений, как смарт-карты.

Устройства, рассчитанные на входные напряжения от 1.5 В до 5.5 В, потребляют типовой ток всего 340 нА. Помимо ультранизкого тока потребления, приборы обеспечивают отличный коэффициент подавления пульсаций входного напряжения с типовым значением 70 дБ и прекрасные характеристики переходного режима, благодаря которым при скачке тока нагрузки от 1 мА до 50 мА или при сбросе тока от 50 мА до 1 мА типовые выбросы напряжения составляют ±60 мВ.



Рекомендуемая схема включения TCR3UG.

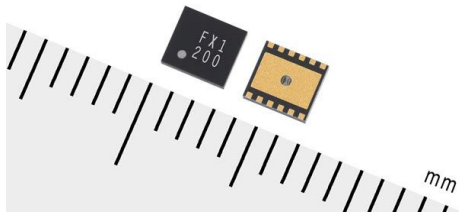
Новые LDO стабилизаторы подходят для использования в качестве источников питания устройств, требующих большого срока службы батарей, а также приложений, восприимчивых к шумам и колебаниям напряжения питания. Шкала доступных выходных напряжений TCR3UG содержит 31 значение от 0.8 В до 5.0 В. Каждая микросхема, в свою очередь, предлагается в двух вариантах: с автоматическим разрядом емкости выхода и без него. Это позволяет разработчикам легко выбрать прибор, наилучшим образом соответствующий требованиям его приложения.

Отгрузка потребителям первых партий продукции новой серии уже началась.

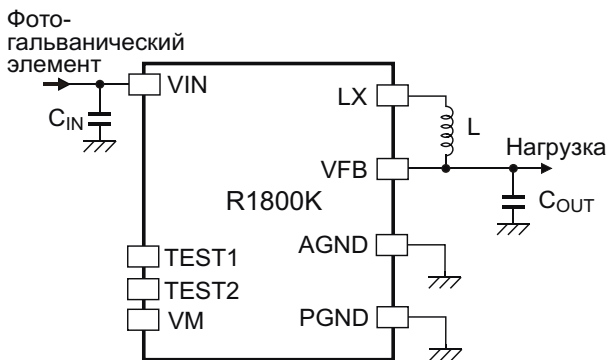
Ricoh начинает производство DC/DC преобразователей с ультранизким током потребления, предназначенных для систем сбора энергии

Ricoh Electronic Devices начала производство понижающих DC/DC преобразователей с ультранизким значением потребляемого

тока, предназначенных для систем сбора энергии. По мере расширения рынка устройств Интернета вещей, возрастает зна-



чение технологий их питания от источников окружающей энергии, в том числе световой, тепловой и вибрационной, а также методов ее преобразования в электрическую энергию.

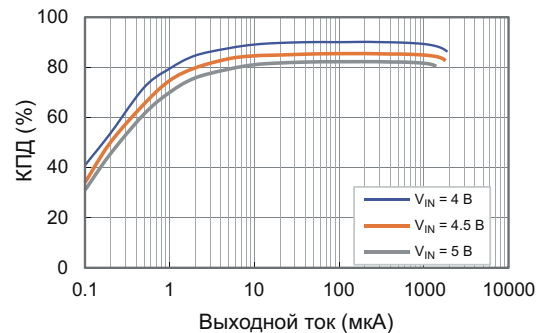


Типовая схема включения.

Понижающий DC/DC преобразователь R1800 предназначен для сбора и накопления энергии, генерируемой фотоэлементами и вибрационными генераторами. Микросхема запускается при минимальной входной мощности 0.72 мкВт и в отсутствие нагрузки при нормальной температуре потребляет ультранизкий ток с типовым значением 144 нА. При легкой нагрузке с выходным током 10 мкА КПД R1800 достигает 90%.

Слежение за точкой максимальной мощности оптимизирует работу системы, позво-

ляя наилучшим образом использовать возможности источника, а защита от обратного тока обеспечивает высокую эффективность сбора энергии, исключая потери заряда в накопительном элементе даже при отсутствии питания от преобразователя.



Зависимость КПД от выходного тока.

Микросхема R1800 выпускается в малогабаритном корпусе DFN(PLP)2730-12, позволяющем создавать устройства с высокой плотностью компоновки.

Основные характеристики

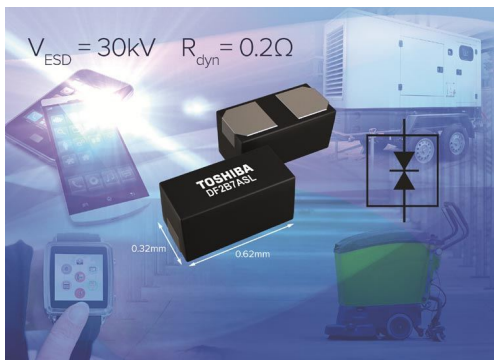
- Диапазон входных напряжений: от 2.0 В до 5.5 В (абсолютный максимум 6.5 В);
- Собственный ток потребления: 144 нА (тип.);
- Минимальная пусковая мощность: 720 нВт;
- Выходной ток: 1 мА;
- Диапазон выходных напряжений: от 2.0 В до 4.5 В (шаг 0.1 В);
- Точность стабилизации выходного напряжения: $\pm 3.0\%$;
- Дополнительные функции: контроль максимальной мощности, защита от обратного тока;
- Корпус: DFN(PLP)2730-12

Toshiba выпустила ультракомпактные двунаправленные TVS диоды для защиты интерфейсов портативных устройств

Миниатюрные диоды обеспечивают защиту от электростатических разрядов до 30 кВ

Toshiba Electronics Europe представила новые двунаправленные TVS диоды DF2B7ASL для защиты линий проводных интерфейсов от электростатических разрядов в приложениях с жестко ограниченными размерами.

S-образная вольтамперная характеристика DF2B7ASL (характеристика с участком отрицательного дифференциального сопротивления) обеспечивает низкое напряжение ограничения, что в совокупности с низким динамическим сопротивле-



нием диода гарантирует превосходную защиту полупроводниковых микросхем от статического электричества. Изготавливаемые в ультракомпактном корпусе приборы предназначены для защиты интер-

фейсов в приложениях, требующих минимальной площади печатной платы, в том числе в смартфонах, носимых устройствах и другом оборудовании с батарейным питанием.

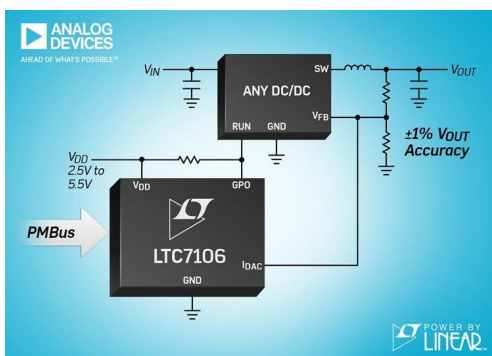
Несмотря на равное всего 0.2 Ом динамическое сопротивление и низкое напряжение ограничения 11 В для 5-вольтовых сигнальных линий, диоды полностью соответствуют требованиям стандарта IEC61000-4-2 и способны обеспечить защиту от контактного электростатического разряда с напряжением ± 30 кВ. Новые миниатюрные диоды Toshiba поставляются в корпусе SOD-962 (SL2), занимающем на печатной плате площадь всего 0.32 мм × 0.62 мм.

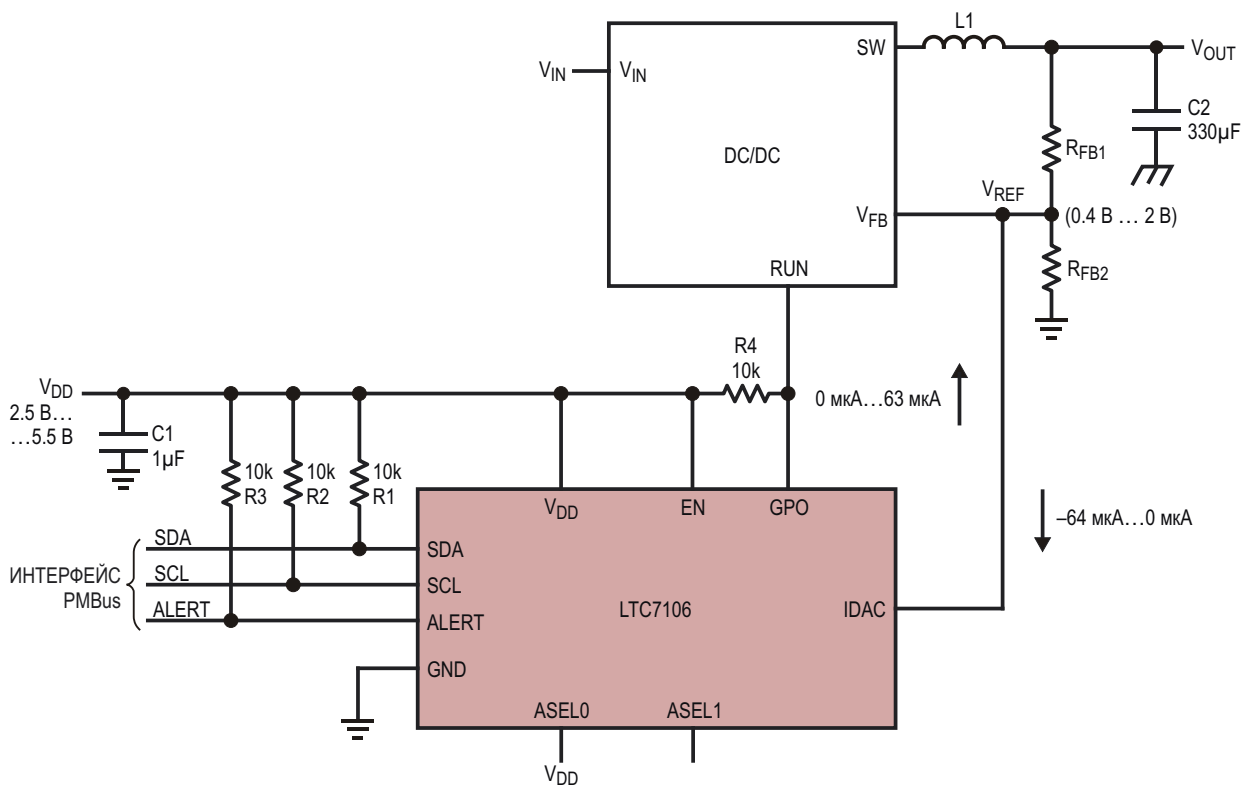
Analog Devices выпустила токовый ЦАП, предназначенный для регулировки выходного напряжения любых DC/DC преобразователей

Analog Devices анонсировала выпуск микросхемы Power by Linear LTC7106 – высокоточного двунаправленного ЦАП с токовым выходом, предназначенного для регулировки выходного напряжения практически любых DC/DC преобразователей. Через совместимый с PMBus/I²C интерфейс LTC7106 принимает 7-битные коды и преобразует их в двунаправленный (втекающий или вытекающий) выходной ток. Когда ток подается в цепь обратной связи преобразователя, его выходное напряжение, в соответствии с получаемыми командами VID (VID – Voltage ID – числовой идентификатор напряжения), может динамически программироваться для оптимизации характеристик и потребляемой мощности. Микросхема LTC7106, выпускаемая в корпусе DFN-10 размером 2 мм × 3 мм, позволяет создавать компактные и простые решения для широкого спектра дискретных и модульных DC/DC стабилизаторов напряжения.

Внутренняя схема сброса по включению питания удерживает выходной ток в нуле до тех пор, пока в ЦАП не будет записан правильный управляющий код. Кроме того, биты выбора диапазона токов обеспечивают простое подключение к делителям выходного напряжения почти с любыми сопротивлениями. Для управления выводами включения или разрешения преобразователя предусмотрены выходы с открытыми стоками. Для предотвращения резких изменений выходного тока ЦАП и последующих скачков выходного напряжения преобразователя в прибор интегрирована цифровая схема, позволяющая программировать скорость изменения тока от 500 нс/шаг до 3.5 мс/шаг.

LTC7106 работает при напряжении питания от 2.5 В до 5.5 В и поддерживается простым в использовании инструментальным средством разработки LTpowerPlay с графическим интерфейсом пользователя. Выходной ток микросхемы программируется в широком диапазоне от ± 16 мкА до ± 256 мкА и поддерживается с точностью $\pm 1\%$ во всем интервале рабочих температур. Диапазон выходных напряжений ЦАП составляет от 0.4 В до 2 В. Внешняя блокировка при пониженном напряжении поддерживается точным уровнем порога входа разрешения. Доступны версии для расширенного и промышленного диапазонов температур от -40 до 125 °C.





Типовая схема включения LTC7106.

Сводка основных характеристик LTC7106

- Управление выходным напряжением практически любого DC/DC преобразователя;
- Точность установки выходного тока $\pm 1\%$ (в диапазоне температур $-40\text{ }^\circ\text{C} \dots 125\text{ }^\circ\text{C}$);
- Последовательный интерфейс, совместимый с PMBus/I²C;
- Диапазон входных напряжений от 2.5 В до 5.5 В;
- 7-битный токовый ЦАП для управления выходным напряжением DC/DC преобразователя;
- Широкий диапазон выходных токов: от $\pm 16\text{ }\mu\text{A}$ до $\pm 256\text{ }\mu\text{A}$;

- Программируемая скорость изменения выходного тока: 500 нс ... 3.5 мс на бит;
- Высокий импеданс выхода при запрете или при нулевом коде ЦАП;
- Широкий диапазон выходных рабочих напряжений ЦАП: от 0.4 В до 2.0 В;
- Точный пороговый уровень входа разрешения, поддерживающий внешнюю блокировку при пониженном напряжении;
- 10-выводной корпус DFN с размерами 3 мм × 2 мм.

Цена и доступность

Микросхемы LTC7106 выпускаются серийно и в партиях из 1000 приборов продаются по ценам, начинающимся от \$1.25 за штуку.

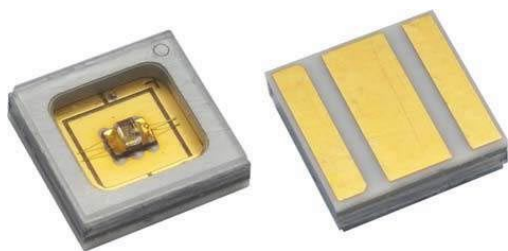
Vishay Intertechnology представляет новый излучающий диод УФ диапазона со сверхбольшим сроком службы

Устройство в корпусе для поверхностного монтажа излучает 3.8 мВт в угле $\pm 62.5^\circ$ при токе 20 мА

Vishay Intertechnology представила новый светодиод в керамическом корпусе с кварцевой линзой, излучающий в дальней части ультрафиолетового спектра (short wavelength

ultraviolet – UVC), который найдет применение в приложениях стерилизации, санитарной очистки и обеззараживания. Светодиод VLUMU60CL..-280-125, предназначенный для

замены ртутных UVC ламп, выпускается в корпусе для поверхностного монтажа с размерами 6 мм × 6 мм × 1.6 мм и отличается чрезвычайно долгим сроком службы.



В отличие от аналогичных устройств, выпускаемых в корпусах PLCC2 с углами излучения $\pm 60^\circ$, новый UVC прибор без использования внешней оптики обеспечивает угол излучения $\pm 62.5^\circ$ и большую мощность излучения 3.8 мВт при токе 20 мА. Изготавливаемый на основе AlGaIn светодиода

VLMU60CL..-280-125, работающий при прямом токе до 40 мА и прямом напряжении от 4.4 В, имеет длину волны излучения от 270 нм до 290 нм.

Характеристики излучающего диода идеально подходят для очистки воды и воздуха, физической стерилизации поверхностей, медицинской дезинфекции и использования в портативных стерилизаторах. VLMU60CL..-280-125 не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green. Чувствительность приборов к влажности соответствует Уровню 3 стандарта J-STD-020. Светодиоды допускают пайку инфракрасным оплавлением припоя.

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии новых излучающих UVC диодов. Срок выполнения заказов большого объема составляет восемь недель.

Dialog представила первые конфигурируемые микросхемы смешанных сигналов с возможностью внутрисхемного программирования

Новейшие конфигурируемые микросхемы смешанных сигналов, многократно программируемые в системе, упрощают модификацию устройства в конце цикла проектирования, в процессе эксплуатации или на производственной линии

Dialog Semiconductor начала серийное производство конфигурируемых микросхем смешанных сигналов (CMIC) GreenPAK SLG46824 и SLG46826 – первых моделей, выпущенных после приобретения ею компании Silego Technology, являвшейся пионером и лидером рынка CMIC.

SLG46826 и SLG46824 являются первыми CMIC на рынке, поддерживающими внутрисистемное программирование по простому последовательному интерфейсу I²C. Это

упрощает процесс разработки, позволяя устанавливать на печатную плату незапрограммированные микросхемы GreenPAK и обновлять информацию в энергонезависимой памяти без ее демонтажа, облегчая проверку системы. Подобная гибкость также полезна на производстве, поскольку устройство можно модифицировать или добавлять в него новые функции путем простого перепрограммирования на производственной линии. Энергонезависимая память микросхем рассчитана на 1000 циклов перезаписи. SLG46826 дополнительно имеет встроенный эмулятор EEPROM объемом 2 Кбайт, который может заменить на плате пользователя EEPROM с I²C-совместимым интерфейсом и позволяет хранить параметры конфигурации, резервные данные, контрольную сумму или серийный номер.

Обе микросхемы выпускаются в 20-выводном корпусе STQFN с размерами 2.0 мм × 3.0 мм и содержат набор малопотребляющих аналоговых и цифровых блоков,

Introducing In-System Programming to CMICs

GreenPAK™

Dialog's GreenPAK™ SLG46826 and SLG46824 are:

- The first CMICs to support in-system programming
- Available in a 2.0 x 3.0 mm 20-pin STQFN package
- Streamlining the development process

dialog SEMICONDUCTOR

IN-SYSTEM PROGRAMMING

ULTRA-LOW POWER

MULTI-TIME PROGRAMMING

включающий как простые аналоговые компараторы, источники опорного напряжения и мониторы питания, так и более сложные многофункциональные цифровые макроячейки с расширенными возможностями. Внешние сигналы постоянно контролируются аналоговыми компараторами с внутренними источниками опорного напряжения, в совокупности потребляющими типовой ток всего 2.5 мкА. Кроме этого, в составе SLG46826 и SLG46824 есть генератор 2.048 кГц, потребляющий в активном режиме ток в несколько сотен наноампер, что делает его идеальным для сторожевых таймеров и других приложений, требующих постоянного низкочастотного тактового сигнала. Неотключаемый блок сброса по включению питания, потребляющий всего 100 нА при напряжении 3.3 В, гарантирует, что устройство будет инициализировано правильно при любой скорости нарастания напряжения питания. Двойное питание при-

боров обеспечивает возможность обмена сигналами между цепями с двумя различными уровнями питающего напряжения.

Основные приложения SLG46826 и SLG46824

- Потребительская электроника:
 - Устройства Интернета вещей, носимые устройства, интеллектуальные метки;
 - Смартфоны, планшеты, ноутбуки;
 - Персональные компьютеры и периферийные устройства;
 - Наушники и гарнитур;
 - Устройства умного дома, интеллектуальные телевизоры, игровые приставки.
- Коммерческая и промышленная электроника:
 - Серверы;
 - Встраиваемые компьютеры;
 - Медицинские устройства.

Почему обмотки дросселя обратного преобразователя могут иметь разное число витков



Часть 1

Александр Русу, Одесса, Украина

Когда-то, подбирая элементную базу на сайте компании Premier magnetics [1], я обнаружил, что соотношение числа витков первичной и вторичной обмоток дросселей для обратных преобразователей сетевых блоков питания не укладывается в логическую последовательность. Например, для POL-HX023 и POL-HX026, рассчитанных на напряжение 5 В, оно отличается почти в три раза, а для POL-HX026 и POL-HX017, рассчитанных на напряжение, соответственно, 5 В и 19 В, оно практически одинаково (Таблица 1). В выпрямительных устройствах на основе

50-герцового трансформатора соотношение числа витков его обмоток фактически определяет выходное напряжение всего блока. А что зависит от этого параметра в обратной схеме?

В этой статье речь пойдет о влиянии коэффициента трансформации дросселя на работу импульсного преобразователя. О существовании этого параметра известно в основном разработчикам обратных схем, однако даже среди них далеко не каждый сможет толково объяснить, что и как от него зависит. Ну, а о том, что в понижающем

Таблица 1. Дроссели для обратных преобразователей компании Premier magnetics

Дроссель	Рекомендуемый контроллер	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Соотношение числа витков вторичной и первичной обмоток
POL-HX026	TOP256EN	90...265	5	1:6
POL-HX023	TOP258EN	90...265	5	1:17.5
			12	1:10
POL-HX013	TOP254EN	90...265	12	1:7.9
POL-HX029	TOP257PN	90...265	12	1:6.83
POL-HX015	TOP258EN	90...265	19	1:10.3
POL-HX017	TOP259EN	90...265	19	1:5.68
POL-HX011	TOP258PN	185...260	24	1:5.5
POL-HX028	TOP258PN	90...265	24	1:4.5

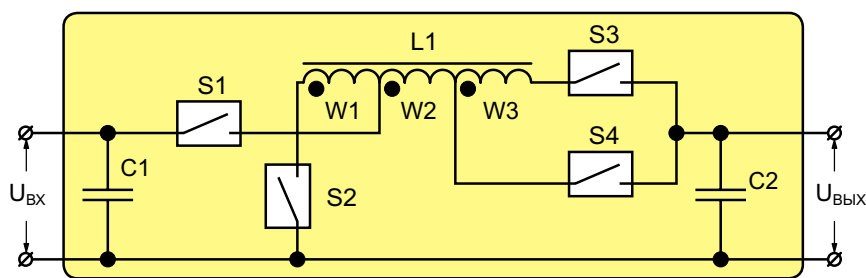


Рисунок 1. Понижающий преобразователь.

преобразователе дроссель можно включить по автотрансформаторной схеме, знает лишь узкий круг специалистов, занимающихся теоретическими исследованиями. Но знания никогда не бывают лишними, и, разобравшись в этом вопросе, во-первых, вы сможете лучше понимать процессы, происходящие при импульсном преобразовании электрической энергии, а во-вторых, проектировать более эффективные устройства электропитания. Так, например, драйверы светодиодов для систем освещения, питающихся от сети, могут быть построены по понижающей схеме с автотрансформаторным включением дросселя, которая теоретически может обеспечить более точную стабилизацию и более плавное диммирование, чем обычная понижающая схема, и при этом быть проще и дешевле, чем обратноходовая.

Как и в предыдущих статьях, опубликованных в журнале РадиоЛоцман [2, 3], я буду использовать модели преобразователей, созданные на основе идеализированных элементов без потерь и ссылаться на работы, опубликованные в научных журналах, в которых этот вопрос рассмотрен более подробно [4, 5].

Определение коэффициента трансформации дросселя

Что такое коэффициент трансформации? В трансформаторе – это отношение числа витков первичной к числу витков вторичной обмоток (или наоборот) и его расчет обычно не составляет труда. А как определить этот параметр для дросселя импульсного преобразователя, например, для необычной, но,

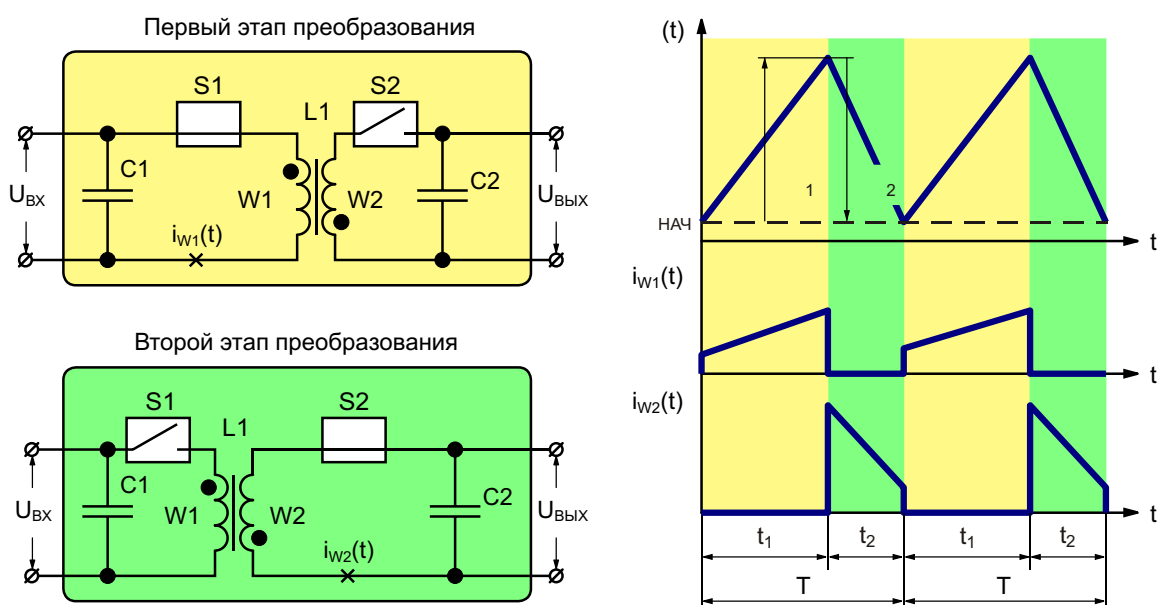


Рисунок 2. Принцип работы обратноходового преобразователя.

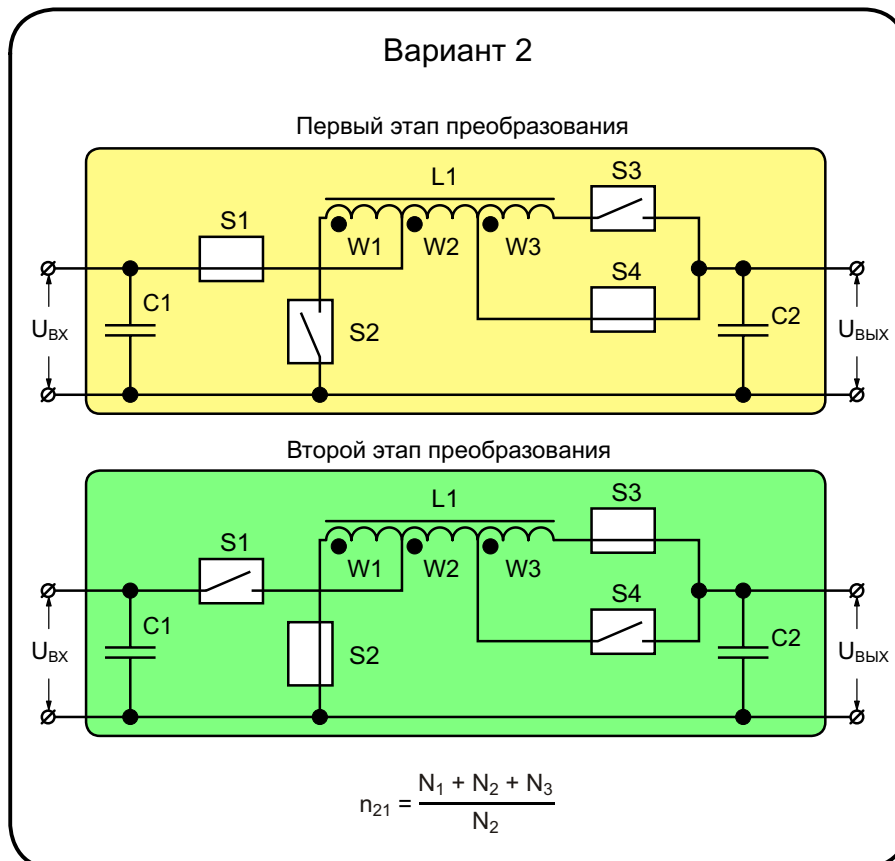
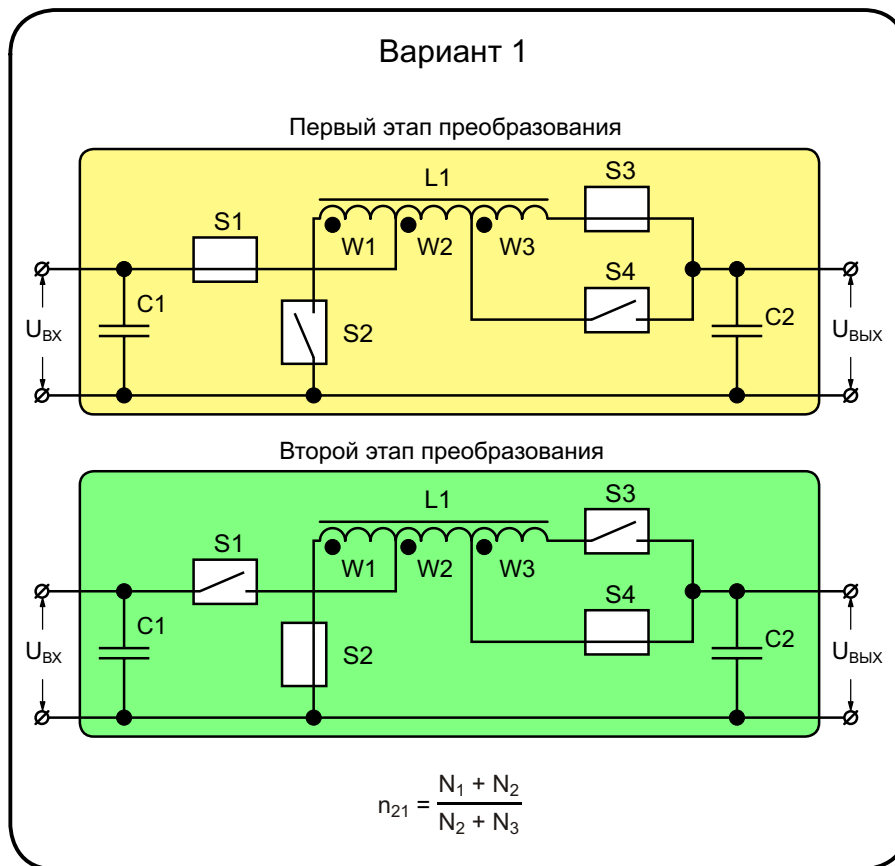


Рисунок 3. Коэффициент трансформации дросселя схемы Рисунок 1 при разных алгоритмах управления силовыми ключами S1 – S4.

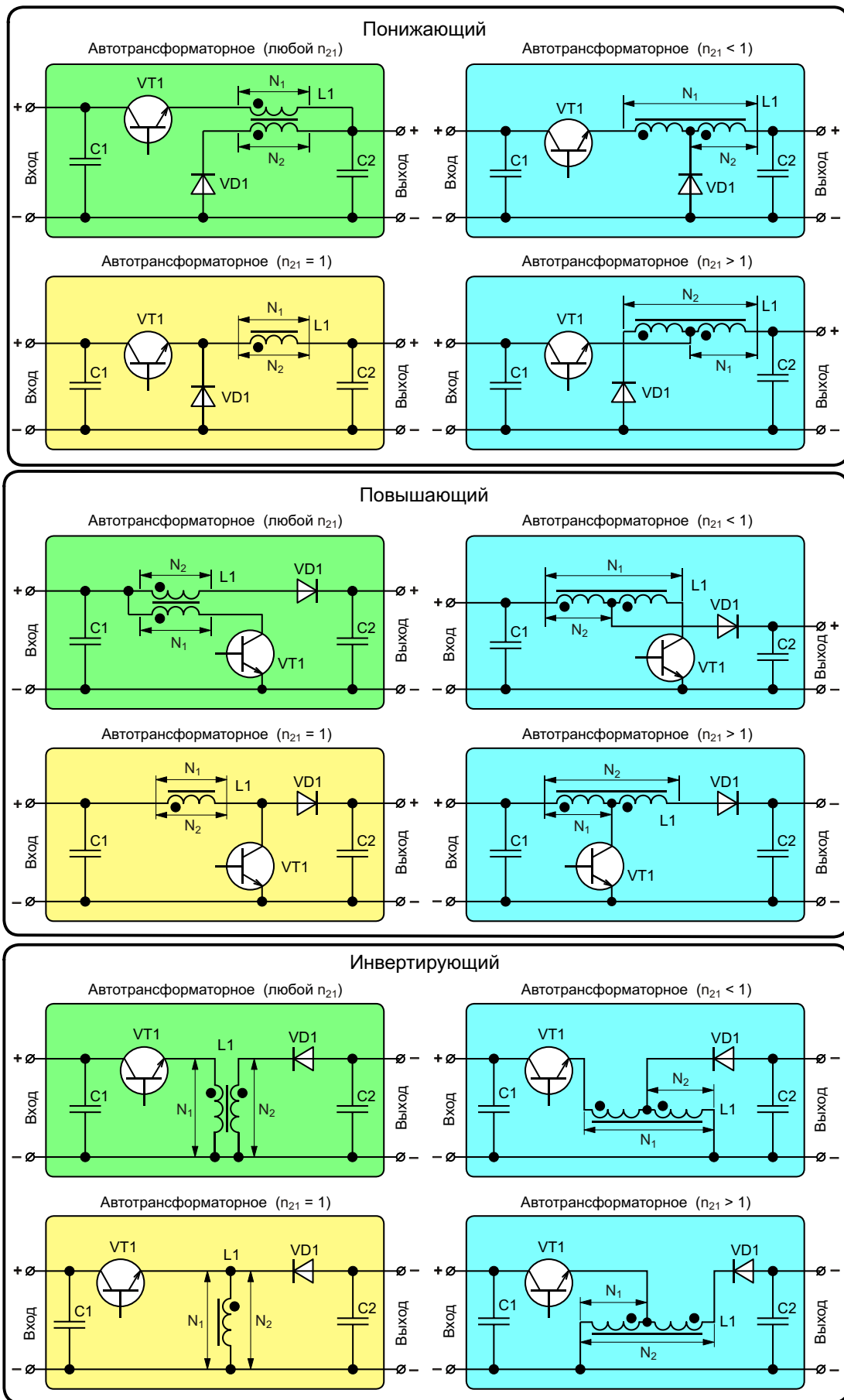


Рисунок 4. Схемы понижающего, повышающего и инвертирующего преобразователей при разных коэффициентах трансформации дросселя.

тем не менее, вполне работоспособной схемы понижающего преобразователя, изображенной на Рисунке 1?

Проще всего получить ответы на эти вопросы, изучив работу обратногоходовой схемы, не зря являющейся «базовой» для остальных типов преобразователей [2].

При импульсном преобразовании электрической энергии дроссель L1 выступает в роли промежуточного накопителя. Каждый цикл преобразования длительностью T состоит как минимум из двух этапов, за время которых дроссель L1 обменивается энергией либо с конденсатором C1, либо с C2 (Рисунок 2). Энергия в дросселе L1 хранится в магнитном поле и определяется величиной магнитного потока Φ , а обмотки фактически выполняют функцию антенн, связывающих электрическую часть схемы с физической средой магнитопровода.

Пусть в начале цикла преобразования магнитный поток $\Phi(t)$ в магнитопроводе дросселя L1 равен $\Phi_{нач}$. На первом этапе к обмотке W1 через замкнутый ключ S1 приложено постоянное напряжение $U_{вх}$ конденсатора C1, под действием которого, согласно закону Фарадея, магнитный поток изменяется на величину $\Delta\Phi_1$ (Рисунок 2). (Предполагается, что за время этого этапа напряжение $U_{вх}$ не успевает значительно измениться):

$$\Delta\Phi_1 = \frac{U_{вх}}{N_1} t_1, \quad (1)$$

где

N_1 – количество витков обмотки W1;

t_1 – длительность первого этапа преобразования.

На втором этапе происходит аналогичный процесс: к обмотке W2 через замкнутый ключ S2 приложено постоянное напряжение $U_{вых}$ конденсатора C2, под действием которого магнитный поток изменяется на величину $\Delta\Phi_2$:

$$\Delta\Phi_2 = \frac{U_{вых}}{N_2} t_2, \quad (2)$$

где

N_2 – количество витков обмотки W2;

t_2 – длительность второго этапа преобразования.

В установившемся режиме каждый последующий цикл должен быть аналогичен преды-

дущему. Это возможно лишь при условии $\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 = 0$, следовательно:

$$\frac{U_{вх}}{N_1} t_1 + \frac{U_{вых}}{N_2} t_2 = 0. \quad (3)$$

Невыполнение условия (3) приведет к тому, что в начале следующего цикла значение магнитного потока будет отличаться от $\Phi_{нач}$, а это допустимо лишь при переходных процессах.

Подставляя в (3) формулы (1) и (2), определим связь между напряжениями на входе и выходе обратногоходовой схемы:

$$\frac{U_{вых}}{U_{вх}} = - \frac{N_2}{N_1} \frac{t_1}{t_2}. \quad (4)$$

В формуле (4) фактически используются абсолютные значения (модули) напряжений $U_{вх}$ и $U_{вых}$ без учета их знаков. При проектировании схемы необходимо коммутировать обмотки W1 и W2 в соответствии с условием (3), иначе постоянное увеличение магнитного потока рано или поздно приведет к выходу из строя элементов силовой части преобразователя.

Анализируя (4), видим, что соотношение напряжений $U_{вых}/U_{вх}$ зависит как от соотношения длительностей t_1/t_2 , так и от соотношения числа активных витков обмоток дросселя N_2/N_1 на первом и втором этапах преобразования, которое и является коэффициентом трансформации дросселя n_{21} :

$$n_{21} = \frac{N_2}{N_1}. \quad (5)$$

Запишем (4) с учетом (5) в окончательном виде:

$$\frac{U_{вых}}{U_{вх}} = - n_{21} \frac{t_1}{t_2}. \quad (6)$$

Таким образом, для обратногоходовой схемы (Рисунок 2) коэффициент трансформации дросселя можно определить по формуле (5), а вот для преобразователя, показанного на Рисунке 1, этот параметр зависит от алгоритмов коммутации обмоток W1 – W3 с числом витков, соответственно, $N_1 – N_3$, два варианта которых показаны на Рисунке 3. В первом случае ключи S1 и S2 замыкаются синхронно с ключами, соответственно, S3 и S4, а во втором – S1 замыкается синхронно с

S4, а S2 – с S3. И пусть практическое применение схемы на Рисунке 1 мне пока неизвестно, но на ее примере хорошо видно, что в импульсных преобразователях коэффициент трансформации дросселя не является статическим параметром элемента, а определяется соотношением количества витков, задействованных на разных этапах преобразования.

Варианты включения дросселя

Итак, в общем случае на разных этапах преобразования могут использоваться разные обмотки дросселя с разным количеством витков. Для обратноходовой схемы обмотки должны быть обязательно разными, потому что иначе не будет обеспечена гальваническая развязка, а значит, схема его силовой части одинакова для любого коэффициента трансформации дросселя (Рисунок 2). Однако понижающий, повышающий и инвертирующий преобразователи, в зависимости от коэффициента трансформации и способа включения дросселя, могут иметь совершенно разные схемы силовой части.

Теоретически, в каждом из трех преобразователей можно использовать дроссель, имеющий отдельную обмотку для каждого этапа. В этом случае речь идет о *трансформаторном* включении дросселя (Рисунок 4). Именно трансформаторное включение является единственно возможным для обеспечения гальванической развязки, и именно этот способ используется в обратноходовой схеме. Однако для понижающего, повышающего и инвертирующего преобразователей, от которых гальваническая развязка не требуется, такой способ включения будет немного нерациональным, поскольку изготовление отдельных обмоток однозначно повысит цену устройства. Кроме того, наличие у дросселя паразитных параметров, в первую очередь индуктивности рассеяния, может потребовать установки дополнительных снабберов для защиты силовых ключей, что негативно отразится на массе, габаритах, КПД и стоимости преобразователя.

Если число активных витков дросселя на разных этапах все-таки должно отличаться, то в понижающем, повышающем и инвертирующем преобразователях можно использовать дроссель с одной обмоткой, имеющей отводы (отпайки). В этом случае речь идет об *автотрансформаторном* включении. Кроме

более простого изготовления дросселя, автотрансформаторное включение также упрощает защиту силовых ключей от пробоя из-за наличия индуктивности рассеяния. При этом дизайн схемы уже зависит от величины коэффициента трансформации дросселя и отличается для случаев, когда он больше или меньше единицы (Рисунок 4). Особенностью автотрансформаторного включения является неодинаковое использование секций обмотки: по одной из секций ток протекает на протяжении только одного (для $n_{21} < 1$ – первого, для $n_{21} > 1$ – второго), а по другой – на протяжении и первого, и второго этапов преобразования.

Если количество активных витков на каждом этапе может быть одинаковым, тогда в преобразователях можно использовать дроссель с одной обмоткой, для которого коэффициент трансформации равен единице. В этом случае речь идет о *бестрансформаторном* включении дросселя. Такие преобразователи имеют самые простые схемы и наилучшие характеристики. Именно эти «классические» схемы хорошо знакомы разработчикам электроники. При бестрансформаторном включении по единственной обмотке дросселя ток протекает на протяжении обоих этапов преобразования, а накопленная в индуктивности рассеяния энергия естественным образом передается в конденсаторы С1 или С2, что является дополнительным преимуществом этих схем. **РЛ**

Список источников

1. Материалы с сайта Premier magnetics <http://www.premiermag.com>.
2. Русу А.П. Откуда появились базовые схемы преобразователей // РадиоЛоцман – 2017. – №9. – С.28 – 31 (Часть 1). – №10. – С.32 – 38 (Часть 2).
3. Русу А.П. Почему импульсные преобразователи «не любят» «легкую» нагрузку // РадиоЛоцман – 2017. – №11. – С.26 – 30 (Часть 1). – №12. – С.24 – 28 (Часть 2).
4. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ электрических и магнитных процессов в дросселях импульсных преобразователей электрической энергии // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА) – 2016. – №6. – С.17 – 29.
5. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ принципов построения и режимов работы импульсных преобразователей электрической энергии // Практическая силовая электроника. – 2016. – №2(62). – С.10 – 24.

Окончание в следующем номере

11 мифов о 8-битных микроконтроллерах

Wayne Freeman, Microchip Technology

Electronic Design

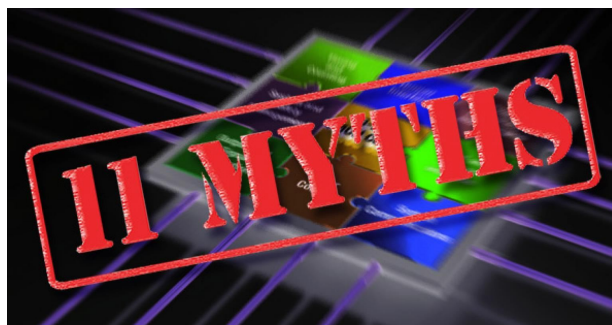
В этом году первому 8-битному микроконтроллеру исполняется 46 лет. Несмотря на солидный возраст и пестрый список проблем, эта архитектура даже сейчас находит свой путь во множество новых встраиваемых приложений. Безусловно, четыре последних десятилетия технологического прогресса породили более быстрые и мощные микроконтроллеры, постоянно угрожающие занять рыночную нишу 8-битных машин.

Инженеры, которые достаточно молоды, чтобы не застать Берлинской стены или Советского Союза, предпочитают отказываться от эффективной простоты 8-битных устройств в поисках обещанной бесконечной вычислительной мощности 32-битных приборов. Но в самом ли деле 32-битные микроконтроллеры являются наилучшим выбором для любого приложения? Давайте же рассмотрим наиболее распространенные мифы и заблуждения, касающиеся старейшины ранка встраиваемых систем.

1. 8-битные микроконтроллеры уходят прочь.

Хотите верить, хотите нет – это самое распространенное заблуждение, с которым мы сталкиваемся в пространстве 8-битных встраиваемых устройств.

Думать так – сродни тому, что недорогие экономичные автомобили последуют за вымершей птицей дронтом после изобретения внедорожников. Конечно же, этого не произойдет, и, аналогичным образом, для недорогих экономичных 8-битных микрокон-



троллеров всегда найдется место в мире встраиваемых систем.

Давайте попробуем подкрепить наше обсуждение некоторыми конкретными данными. Согласно отчету исследовательской компании Gartner за 2015 год, объемы продаж 8- и 32-битных устройств в долларовом выражении были примерно равны и составляли \$6 млрд. С учетом разницы средних цен, эти цифры говорят о том, что в 2015 году на один встраиваемый 32-битный микроконтроллер приходилось три 8-битных. Так что же, уходят прочь? Отнюдь не так скоро.

2. В 8-битных устройствах нет ничего нового. Никаких инноваций.

Легко предположить, что производители микроконтроллеров все бюджеты своих НИОКР тратят на новые линейки 32-битных продуктов, позволяя чахнуть своим стареющим 8-битным семействам или, в лучшем случае, уменьшая размеры их кристаллов, чтобы снизить издержки производства. Истина заключается в том, что все 8-битные микроконтроллеры эволюционировали на протя-

жении многих лет вслед за изменениями требований рынка встраиваемых устройств. Некоторые производители микроконтроллеров совершенствуют свои 8-битные устройства, используя технологии, разработанные для 32-битных приборов. Другие же, такие как Microchip, исходя из потребностей своих клиентов, приносят в 8-битную экосистему истинные нововведения.

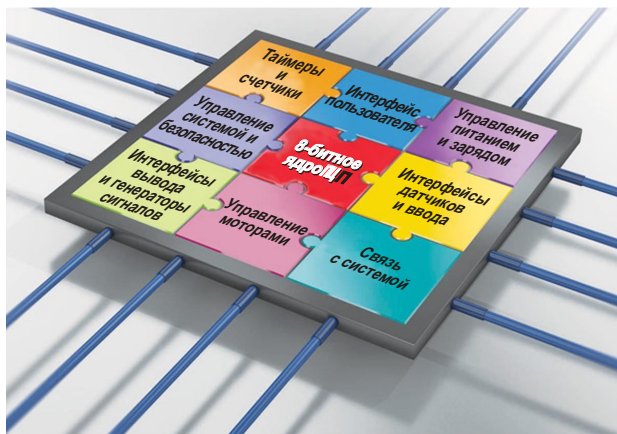


Рисунок 1. 8-битные микроконтроллеры Microchip имеют независимую от ядра конфигурируемую периферию (CIP), выполняющую системные функции без участия процессора, и могут общаться друг с другом, что помогает повысить эффективность и быстродействие системы, снизив при этом потребляемую ею мощность.

Например, линейки 8-битных микроконтроллеров PIC и AVR компании Microchip имеют независимую от ядра периферию (core independent peripherals – CIP), работающую без участия центрального процессора и способную обмениваться друг с другом (Рисунок 1). Это помогает повысить эффективность и быстродействие системы при одновременном снижении энергопотребления. В сочетании с современными средствами ускорения разработки, такими как MPLAB Code Configurator и Atmel START, эти инновационные 8-битные приборы позволяют конструкторам пройти путь от прототипа до серийного производства за несколько месяцев.

3. 8-битные процессоры очень сложно программировать на Си и других языках высокого уровня.

Да, это правда, что 8-битные архитектуры появились задолго до того, как во встраиваемых устройствах стали широко использоваться языки высокого уровня. Множество

инженеров старой школы на самом деле все еще отказывается устанавливать новомодные компиляторы Си в свою среду разработки. Видимо, это в порядке вещей – судить не нам, – но следует отметить, что для большинства продаваемых сейчас 8-битных микроконтроллеров разработать код на современном компиляторе Си довольно легко.

В микроконтроллерах современного семейства Microchip PIC16 “F1” есть несколько инструкций, полностью посвященных устранению любых проблем, связанных со страницами и банками их адресного пространства. Если этого недостаточно, то архитектуры PIC18 и AVR имеют большие пространства линейных адресов, специально созданные для компиляторов языков высокого уровня. Естественно, что современные интегрированные среды разработки все эти проблемы сделали несущественными.

4. 8-битные микроконтроллеры можно использовать только в простых приложениях.

Это зависит от того, что вы понимаете под «простым приложением». Для того чтобы только поддерживать синхронизацию всех процессов, подавляющему большинству встраиваемых приложений огромные вычислительные мощности и встраиваемые операционные системы не нужны. Наиболее распространенные встраиваемые системы содержат некоторые типы датчиков, преобразователей энергии, контуров регулирования или медленных каналов информационного обмена. Это твердо ставит их в категорию «простых приложений». При наличии на кристалле подходящей периферии, все эти задачи легко могут быть решены недорогими микроконтроллерами.

С этой целью Microchip разработала свыше двадцати видов CIP для автономного управления наиболее распространенными задачами встраиваемых систем, в результате чего процессору осталось лишь выполнение надзорной роли. Использование CIP делает реакцию приложения более детерминированной, не говоря о том, что намного упрощает его реализацию, избавляя от раздражающей необходимости в написании и отладке процедур обработки прерываний. Это тот случай, когда простота приносит пользу.

5. Мощности 8-битных устройств недостаточно для устройств Интернета вещей.

В нашем представлении приложения Интернета вещей (IoT) – это умные часы, узел беспроводного аудио или какая-то другая столь же сложная встраиваемая система. Однако реальность заключается в том, что «вещи», содержащиеся в приложениях IoT, выполняют довольно простые задачи. Это сенсорные переключатели, датчики, беспроводные лампочки и сетевые устройства открывания гаражных дверей; это кнопка в вашей прачечной, автоматически подающая стиральный порошок, когда вы нажимаете на нее.

Эти системы выполняют измерения. Они посылают данные в Интернет через ваш домашний роутер. Они управляют простыми импульсными источниками питания. Они просыпаются, когда их «толкает в бок» сеть. Они выполняют свою работу, расходуя очень мало энергии. И все это – именно те задачи, под которые специально разрабатывались новейшие 8-битные микроконтроллеры. Поэтому, если в следующем вашем устройстве IoT не будет 8-битника, значит, вероятно, что вы упустили возможность оптимизировать свое приложение.

6. 8-битные процессоры слишком медленны, чтобы реагировать на критические системные события.

Помните об этом: время отклика на критические системные события связано с задержкой и детерминизмом.

Не секрет, что почти все 32-разрядные микроконтроллеры при работе на полной скорости превосходят 8-битные приборы на их максимальной тактовой частоте. Однако большинство приложений не располагает бюджетом мощности, достаточным для того, чтобы 100% времени поддерживать работу любого микроконтроллера на максимальной скорости. Поэтому общая практика проектирования заключается в том, чтобы использовать режим ожидания процессора для снижения энергопотребления, пока он не нужен, и разбудить его с помощью аппаратного прерывания, когда процессор понадобится вновь. Но такой подход порождает две самые большие проблемы, с которыми сталкиваются приложения во время работы: неопределенность времени запуска и задержки реак-

ции на прерывание. Эти факторы должны обязательно приниматься во внимание при программировании приложения, так как в противном случае результаты могут быть катастрофическими.

Микроконтроллеры с CIP позволяют разработчикам заменить большинство чувствительных к задержкам элементов своих приложений малопотребляющими аппаратными блоками с фиксированными функциями. Этим обеспечивается быстрый и предсказуемый отклик на критические события при ничтожно малом потреблении энергии.

7. 32-битные микроконтроллеры более энергоэффективны, чем 8-битные.

Так же, как все знают, что 32-битные микроконтроллеры – самые быстрые во встраиваемых устройствах, так все понимают, что более быстрым 32-битникам требуется больше энергии. Не будем спорить, но некоторые инженеры считают, что могут использовать всю эту скорость, чтобы немного «обмануть систему». В основном, они исходят из того, что, ускоряя работу процессора, можно на большее время погружать его в спячку. Значит, 32-битные микроконтроллеры более энергоэффективны, чем 8-битные, правильно? Нет, не правильно.

Даже если на обеих архитектурах вы выполняете примерно эквивалентные подпрограммы, гораздо более низкое потребление энергии в активном режиме 8-битного микроконтроллера гарантирует больший срок службы крошечной батареи. Добавьте к этому тот факт, что большинство современных 8-битных микроконтроллеров имеют лучший баланс периферийных функций, чем 32-разрядные устройства сопоставимой стоимости. Это позволяет «менее мощным» микроконтроллерам выполнять больше задач на аппаратном уровне, оставляя центральному процессору больше времени для спящего режима. В некоторых распространенных приложениях, использующих новые 8-битные микроконтроллеры PIC и AVR, время активного состояния центрального процессора почти равно нулю.

8. 32-битные стоят столько же, но имеют удвоенную производительность.

Если вы дочитали статью до этого места, то, скорее всего, понимаете, что производительность встраиваемых приложений изме-

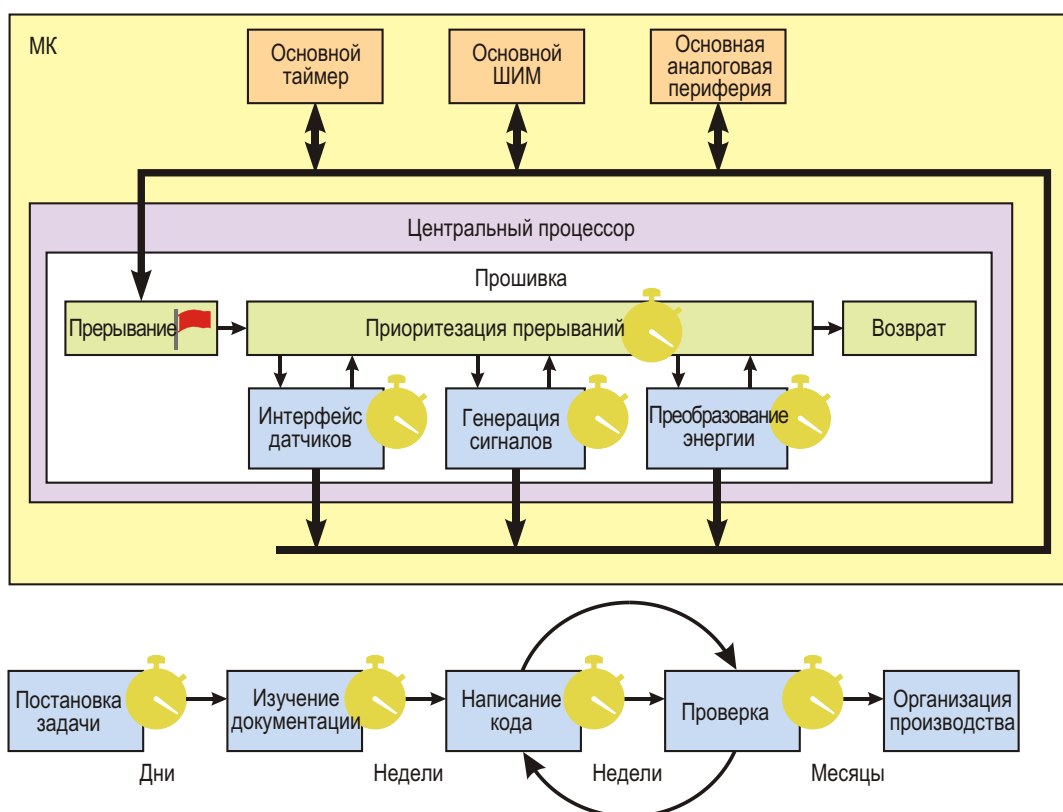


Рисунок 2. Традиционные встраиваемые системы очень зависят от программного обеспечения, вложенные процедуры которого требуют всесторонней проверки и отладки. При этом должны учитываться временные соотношения, приоритеты прерываний и системные задержки.

руется не только простой вычислительная мощностью. Самые дешевые 32-битные микроконтроллеры имеют высокопроизводительные процессоры и множество недорогой цифровой периферии, но, как правило, лишены аналоговых функций, часто необходимых для реализации многих встраиваемых систем.

8-битные микроконтроллеры Microchip оснащены интеллектуальными аналоговыми периферийными устройствами, способными без вмешательства центрального процессора автоматизировать задачи анализа сигналов, предоставлять корректирующую информацию широтно-импульсным модуляторам (ШИМ) и обеспечивать автоматическое отключение. Эти 8-битные устройства могут значить сократить количество внешних компонентов и сохранить массу денег. Лучший совет – посмотреть на реальные потребности всего приложения и выбрать микроконтроллер, который сможет решить задачу при минимальной стоимости системы. Тогда вы никогда не ошибетесь при выборе оптимальной конфигурации своей системы.

9. У 8-битных решений нет перспективы.

Выбор микроконтроллера с прицелом на непредсказуемые рыночные тенденции далекого будущего никогда не будет гарантированно успешным, но почти наверняка приведет к непредвиденным последствиям. Невозможно определить, что будет в будущем. Если рынок перейдет к совершенно другому набору функциональных требований, полное перепроектирование системы потребует независимо от того, используете ли вы 8-, 16- или 32-битный микроконтроллер.

Выбор «самой подходящей» архитектуры для любого проекта основан на пожеланиях и требованиях, которые должны быть определены на начальном этапе проектирования. Такой подход позволит сократить стоимость разработки программ и аппаратуры до минимума. 8-битные микроконтроллеры PIC или AVR часто помогают снизить общую стоимость аппаратного оборудования, а встроенные в «железо» функции могут значительно снизить затраты на программирование в течение всего срока службы устройства.

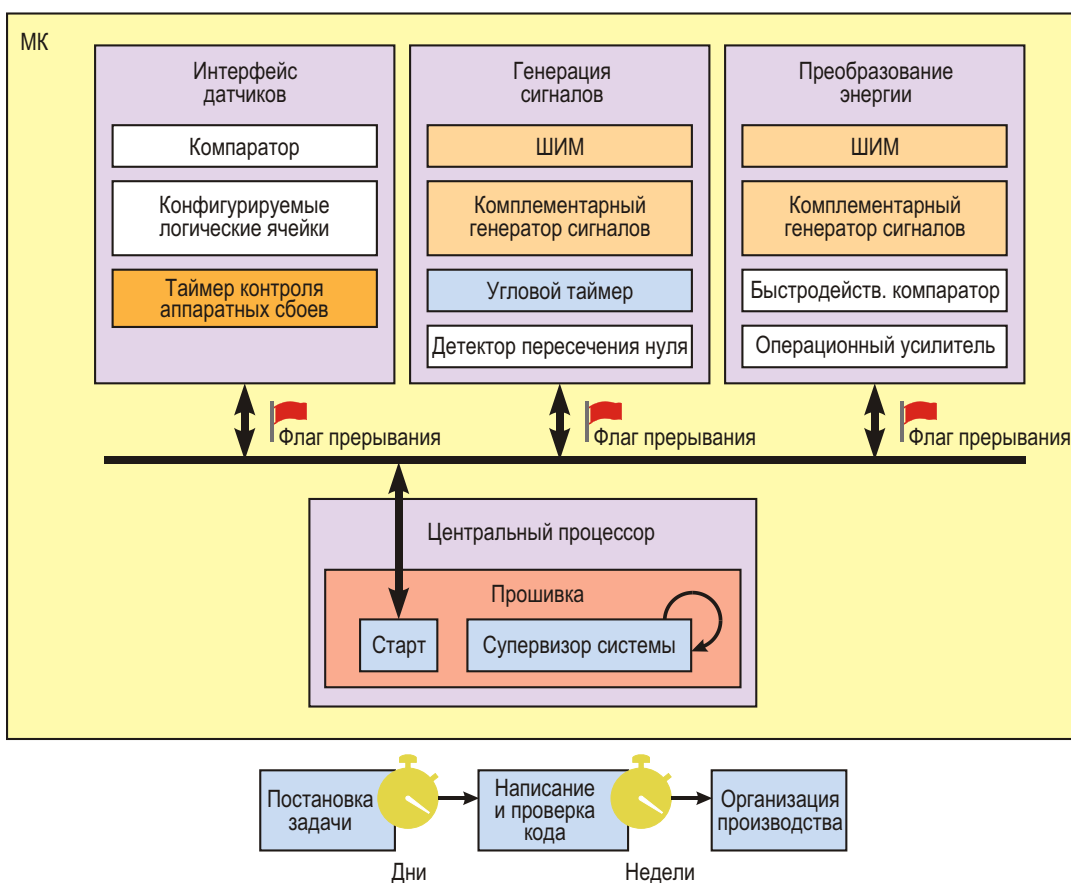


Рисунок 3. 8-битные микроконтроллеры PIC и AVR предназначены для более эффективного использования своих периферийных устройств, чтобы сократить количество строк кода, необходимых для реализации общих функций. Это ускоряет процесс разработки, поскольку программирование становится простым, а функциональность аппаратуры проверена на заводе.

10. 32-битные микроконтроллеры сокращают время разработки программ.

Написать программный код несложно. Намного сложнее написать *работающий* код. Люди, поддерживающие миф номер 10, обычно недооценивают количество времени и усилий, необходимых для тестирования, отладки и проверки их кода в рабочем приложении. Или же все они гении программирования. Один день кодирования может вылиться в месяцы проверки (Рисунок 2).

Приложения, использующие 32-разрядные микроконтроллеры, как правило, ориентированы на программное обеспечение. Это означает, что вся необходимая функциональность реализуется в подпрограммах, поэтому эффективного способа избежать цикла отладки не существует. Оба 8-битных микроконтроллера PIC и AVR предназначены для более эффективного использования своих периферийных устройств, чтобы сократить количество строк кода, необходимых для ре-

ализации общих функций. Это ускоряет процесс разработки, поскольку программирование становится простым, а функциональность аппаратуры проверена на заводе (Рисунок 3).

Подводя итог, можно сказать, что лучший способ сократить время разработки программы – написать меньше строк кода.

11. Миграция с 8-битных микропроцессоров невозможна.

Возможность миграции зависит в большей степени от используемой вами среды разработки, чем от какого-либо конкретного микроконтроллера или части оборудования. Если миграция является ключевой проблемой, то лучше всего использовать микроконтроллеры производителя, предлагающего «полную линейку» 8-, 16- и 32-битных приборов, поддерживаемых совместимой экосистемой разработки. В наши дни именно среда разработки, а не оборудование, определяет легкость перехода от одного микроконтроллера к другому. Хорошо продуманная среда разра-

ботки, такая как MPLAB X или Atmel START от Microchip, позволяет пользователям реализовать свои идеи на любом микроконтроллере компании.

Если вы проектируете очередной Linux-суперкомпьютер, который будет носиться на запястье, то имеет смысл начинать и заканчивать поиск микроконтроллера среди новейших и лучших 32-битных устройств. Но если

вы, как и все остальные, добавляете в обычные повседневные системы интеллект, управляемость и детерминизм, вы совершили бы большую ошибку, если бы не включили в свой список новые 8-битные микроконтроллеры. Вы получите наименьшую мощность потребления, невероятно полезные периферийные устройства и исключительную простоту разработки. Что вам в этом не нравится? **РЛ**



Волоконно-оптические трансиверы компании «Файбер Трейд»

Часть 1

Юрий Петропавловский

В июне 2017 года в России началось производство еще одного вида высокотехнологичной продукции – компания ООО «Файбер Трейд» запустила в Новосибирске завод по производству волоконно-оптических трансиверов. По заявлению самой компании и мнению других экспертов в этой области, это первый и пока единственный завод с полным циклом серийного производства таких устройств в России. Следует отметить, что разработкой и производством оптоэлектронных компонентов, в том числе оптических трансиверов, в России занимаются и другие



Рисунок 1. Директор «Файбер Трейд» Алексей Юнин.

компании, например, «ФТИ-Оптроник» из Санкт-Петербурга, основанная еще в 1994 году на базе Физико-Технического Института им. А. Ф. Иоффе Российской Академии Наук. Также следует напомнить читателям, что собственным производством изделий микроэлектроники и других электронных компонентов обладают далеко не все, даже ведущие электронные компании мира. Компании, не имеющие собственного производства, получили название Fabless-компаний; микроэлектронику для них производят специализированные предприятия (Foundries-компании) по заказам.

Прежде чем рассматривать особенности волоконно-оптических трансиверов, приведем некоторые данные о самой компании. Частную компанию ООО «Файбер Трейд» основал в 2010 году в Новосибирске Алексей Валентинович Юнин, 1974 года рождения (Рисунок 1), до этого работавший в компаниях «Новотелеком» и «Вымпелком». Основной сферой деятельности компании в то время была поставка на российский рынок телекоммуникационного оборудования. В 2012 году компании был присвоен код организации-разработчика ФКРД по ГОСТ 2.201-80 (изменен в 2011 году), что позволило при-

ступить к разработке и проектированию продукции под собственной торговой маркой FiberTrade (FT).

Практическая работа по созданию производства трансиверов началась в 2015 году и завершилась в 2017 году пуском завода. За это время были решены непростые задачи по созданию чистых помещений 7-го класса и установке высокоточного тестового оборудования ведущих мировых производителей. Финансирование проекта (порядка 40 млн. рублей) осуществлялось за счет собственных средств Алексея Юнина и других частных инвесторов, при этом никакие сторонние компании к процессу создания завода не привлекались. Ожидаемый объем выпуска продукции составит 960 тысяч трансиверов в год, а объем выручки – 3.8-4.2 млрд рублей в год. Выход на окупаемость планируется к 2020 году.

К концу 2018 года предполагается увеличить численность персонала компании до 70 человек (сейчас работают 22 инженера-разработчика и 23 инженера производства и других специалистов). В связи с нехваткой квалифицированных специалистов с опытом работы по профилю компании, рассматривается возможность привлечения выпускников вузов с последующим обучением.

В настоящее время компания на постоянной основе сотрудничает с ведущими телекоммуникационными и ИТ-компаниями, в том числе с ПАО «Вымпелком», ОАО «Мегафон», ПАО «Ростелеком», ПАО «МТС», ООО «В контакте», ООО «Мэйл Ру Групп», ЗАО «Комстар-Регион» и рядом других. В перспективе предприятие может занять до 50% рынка волоконно-оптических трансиверов в России; основные экспортные направления – страны СНГ. С учетом того, что у компании уже есть проекты, не имеющие мировых аналогов, рассматриваются возможности экспорта продукции в страны Европы.

К одному из таких проектов относятся мультивендорные трансиверы, позволяющие их эксплуатацию в телекоммуникационном оборудовании различных вендоров (до 5 одновременно). 19 октября 2017 года Федеральная служба по интеллектуальной собственности выдала Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Формирование унифицированного определения модуля SFR+ в коммутационном оборудовании различных производите-

лей». Мультивендорные трансиверы компании «Фабер Трейд» позволяют сократить затраты компаниям, использующим в своих системах аппаратуру различных производителей, а также избежать дополнительных расходов на содержание склада модулей различных вендоров (вендор – поставщик и владелец торговой марки).

Другой проект – оптические модули с поддержкой функции криптозащиты данных.

Некоторые «эксперты-теоретики» считают производство микроэлектроники в России делом тяжелыми и малоперспективным. Действительно такое производство требует больших финансовых затрат, причем с самого начала. Для реализации проектов в этой области нужны специалисты, не только имеющие хорошее профильное образование и большой опыт работы, но и, по мнению Алексея Юнина, огромное желание развивать данное направление в России. Тем не менее, производство отечественных волоконно-оптических трансиверов имеет ряд преимуществ.

Принципиальными недостатками зарубежных устройств являются невозможность изменения программного обеспечения под требования операторов и вероятность наличия незадекларированных функциональных возможностей поставляемых устройств. Более дешевые китайские трансиверы характеризуются и более высоким процентом брака, что требует от потребителей дополнительных затрат на возвраты/замены бракованных модулей. По словам Алексея Юнина, одной из главных целей производства волоконно-оптических трансиверов является обеспечение безопасности страны. При разработке изделий и программного обеспечения для них в России изготовитель знает о своих продуктах буквально все и может их контролировать. В этом случае реально можно говорить о соблюдении информационной безопасности в эпоху «кибер-войн» и хакерских атак. Другим важным преимуществом производства изделий радиоэлектроники в стране является значительно большая гибкость в отношениях с отечественными заказчиками по всем возникающим вопросам.

Основными потребителями продукции завода являются ведущие телеком-операторы и дата-центры страны. В перспективе у компании большие планы, например, закры-

тие до 50% потребностей российского рынка в волоконно-оптических трансиверах и выход на зарубежные рынки. Есть желание стать участником проекта по импортозамещению (МСВЭИ), что поможет значительно увеличить объем продаж на внутреннем рынке. Потребность в трансиверах будет только возрастать, например, в России к 2024 году сети 5G в том или ином виде планируются развернуть в городах с численностью населения свыше 300 тысяч жителей, что потребует замены оборудования базовых станций и значительного увеличения их количества.

Испытания оборудования «Файбер Трейд», в том числе проведенные ведущими телекоммуникационными операторами страны, показали конкурентоспособность волоконно-оптических трансиверов компании с европейскими аналогами по надежности и функциональным возможностям.

В каталогах компании 2017 года, кроме собственно трансиверов, представлены и другие виды продукции: медиаконверторы, оборудование уплотнения каналов, оборудование для длинных линий, пассивное оборудование.

Волоконно-оптические трансиверы

Волоконно-оптические трансиверы (ВОТ) или оптоэлектронные приемопередатчики предназначены для преобразования оптических сигналов, передаваемых по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС) в электрические сигналы и обратно – электрические сигналы в оптические. Потребность в ВОТ возникла еще в 1990-годы, когда началось активное внедрение волоконно-оптических сетей широкополосного доступа сетевыми и сотовыми операторами связи. В то время ВОТ выполнялись на печатных платах активного телекоммуникационного оборудования. Однако в связи с ростом номенклатуры таких устройств (коммутаторы, мультиплексоры, маршрутизаторы, медиаконвертеры) возникла потребность разделения устройств обработки информации и передачи данных. Причем сами устройства передачи сигналов по ВОЛС с целью унификации должны быть тем или иным образом стандартизированы.

Уже достаточно давно ВОТ самых различных производителей представляют собой унифицированные компактные сменные модули, устанавливаемые в стандартизированные электрические порты активного теле-

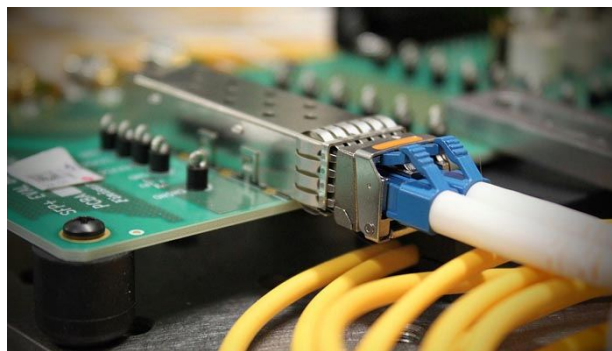


Рисунок 2. Модуль SFP с подключенным оптическим кабелем.

коммуникационного оборудования. Такой подход к созданию сетевой инфраструктуры позволяет оптимизировать затраты при проектировании и, что особенно важно, при реконструкции оптических сетей, например, для увеличения скорости передачи данных, объема передаваемой информации и дальности передачи сигналов по ВОЛС.

Модули ВОТ выпускаются в различных конструктивных исполнениях – форм-факторах. В настоящее время наибольшее распространение получили модули SFP (Small Form-factor Pluggable), показанные на Рисунок 2. Модули SFP представляют собой компактные блоки в металлических корпусах, обеспечивающих защиту электронных узлов модулей от электромагнитных излучений и механических повреждений. В модулях обычно имеются два оптических порта – лазерного излучателя (TX – передатчик) и фотоприемника (RX – приемник), обеспечивающие работу модуля в двухволновом режиме (Рисунок 3). В одноволновых SFP модулях имеется

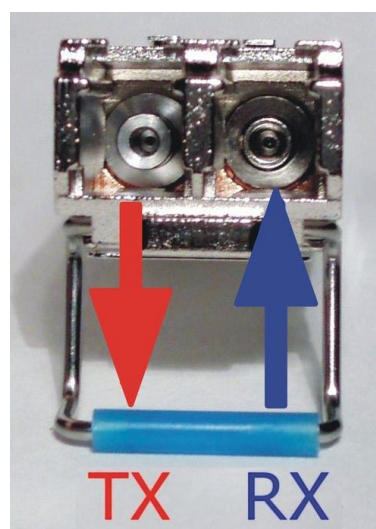


Рисунок 3. Оптические порты модуля SFP.

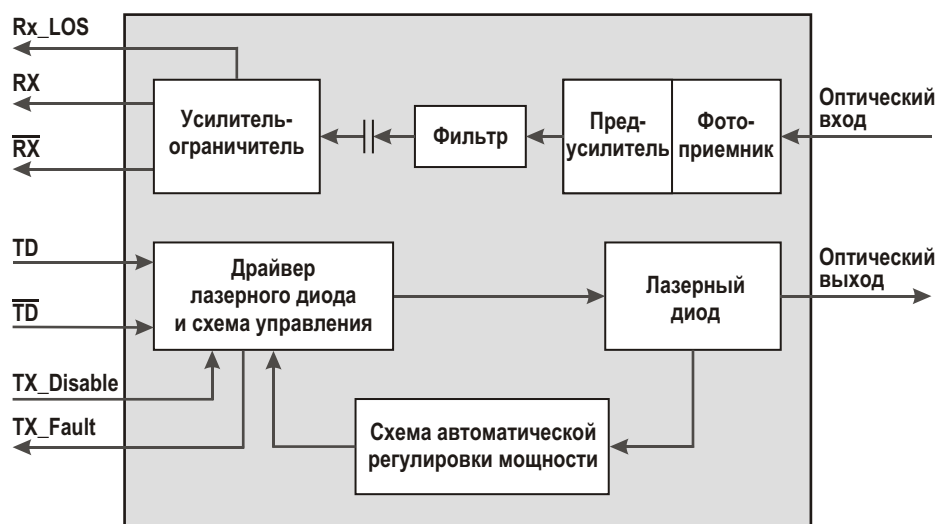


Рисунок 4. Структура BOT.

только один порт, при этом для изменения направления передачи используется режим мультиплексирования.

На печатных платах модулей кроме излучателей и фотоприемников устанавливаются и другие электронные узлы и компоненты – схемы управления лазерными диодами, преобразователи сигналов в линейный код, схемы смещения фотодиодов, различные усилители и фильтры, цифровые схемы мониторинга. На платах модулей также устанавливаются ЭСППЗУ (электрически стираемое перепрограммируемое запоминающее устройство) с управляющим программным обеспечением (вариант структурной схемы модуля SFP приведен на Рисунке 4).

Различные механические и электрические характеристики BOT определяются не международными стандартами, а спецификациями MSA (Multi-source Agreement – соглашение с несколькими источниками), выработанными на основе договоренностей различных произ-

водителей оборудования. Такая «природа» процесса выработки множества спецификаций характеризуется «неопределенным кругом» компаний, участвующих в соглашениях MSA. Для эффективной разработки спецификаций MSA еще в 1990 году в США была создана группа (комитет) Small Form Factor Committee (SFF Committee) для определения форм-факторов в индустрии хранения информации. Среди десятков членов комитета представлены крупнейшие производители электроники и компьютерной техники – Dell, Foxconn, Fujitsu, Hewlett Packard, Hitachi, IBM, Intel, Pioneer, Samsung, Seagate, Sun Microsystems, Texas Instruments, Toshiba. В 2016 году организация изменила название на SNIA SFF Technology Affiliate. К настоящему времени партнерами SFF Committee, кроме перечисленных выше, являются и другие ведущие компании – Microsoft, Broadcom, Cisco, Huawei, Lenovo, Micron, Microsemi, GiGNET и ряд других (всего более 50 компаний). **РЛ**

Окончание в следующем номере

Транзистор отметил свое 70-летие

Lou Frenzel 1

Electronic Design

Мы вспоминаем историю устройства, которое кардинально изменило и электронную промышленность, и саму нашу жизнь

23 декабря 2017 года транзистору официально исполнилось 70 лет. Изобретение транзистора было, возможно, величайшим технологическим прорывом 20 столетия. Он дал нам интегральные схемы, за которыми последовали телевизоры, смартфоны и вся остальная электроника, которой мы пользуемся каждый день. Своей работой, вероятно, мы тоже обязаны изобретению транзистора. Так что, давайте воспользуемся моментом, чтобы осмыслить и отпраздновать это монументальное открытие.

Различные исторические записи говорят о том, что транзистор был изобретен 23 декабря 1947 года в лабораториях Белла компании AT&T учеными Уильямом Шокли (William Shockley), Джоном Бардином (John Bardeen) и Уолтером Браттеном (Walter Brattain). В этот день они продемонстрировали усилитель на транзисторе с точечными контактами (Рисунок 1). Этот тип транзистора был очень сложен в изготовлении. Затем Шокли изобрел плоскостной биполярный транзистор. Практическое использование транзисторов началось очень скоро, и их стремительное развитие привело нас к интегральной схеме и, конечно же, к микроконтроллеру. А все остальное – это история того, как их появление изменило нашу жизнь.

Первым когда-либо предложенным транзистором был фактически полевой транзистор – детище Юлиуса Лиленфельда (Julius Lilienfeld), которое было быстро запатентовано в 1926 году. Позже ту же идею выдвинул Оскар Хайль (Oskar Heil) в 1934 году. Но никто из них не создал реально работающего устройства. Вот почему все заслуги, в том числе Нобелевскую премию в 1956 году, полу-



Рисунок 1.

ХРОНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНЗИСТОРОВ

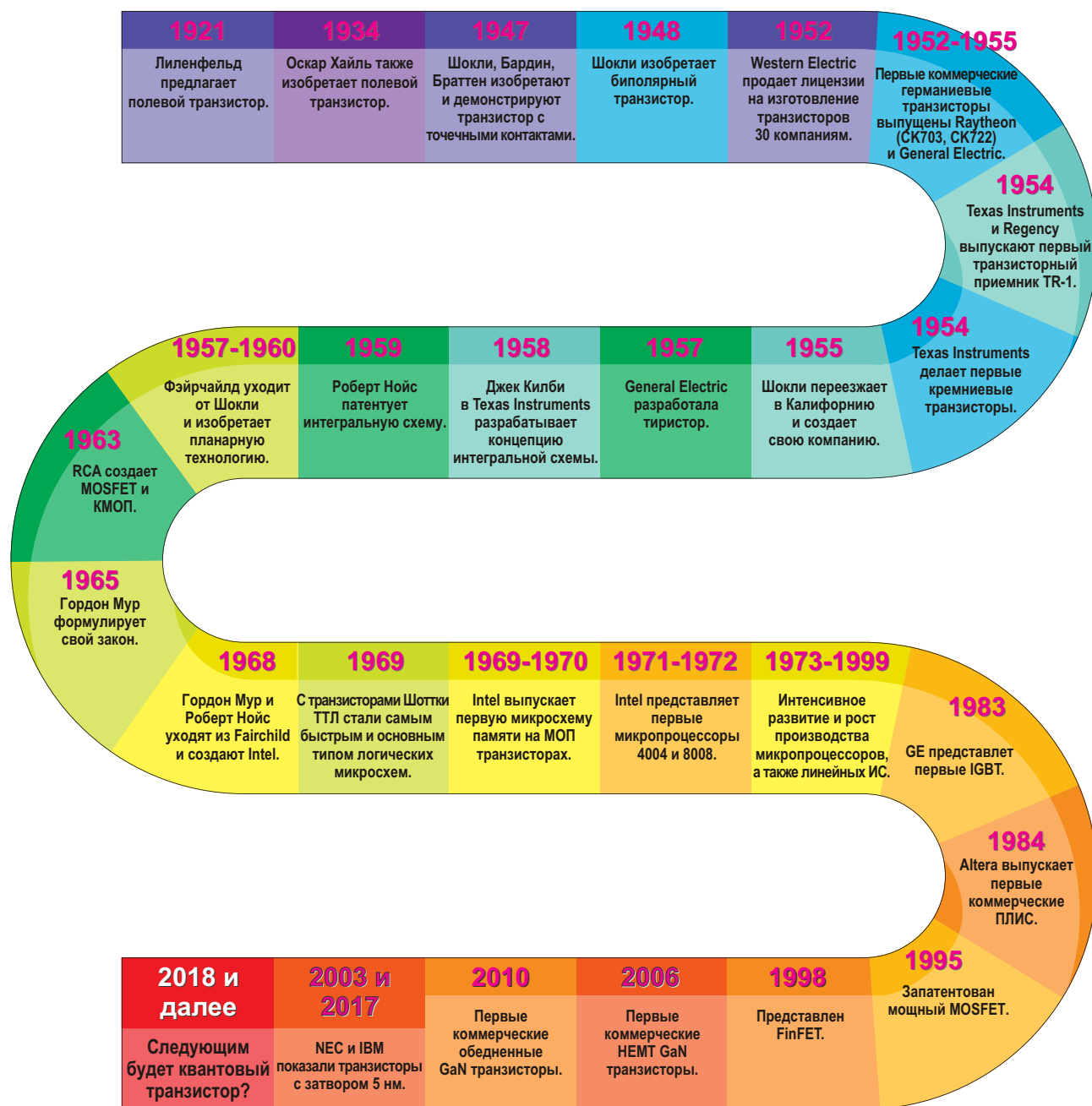


Рисунок 2.

чили ученые из лаборатории Белла. Шокли в конечном счете бросил Bell Labs и переехал в Калифорнию, чтобы основать компанию по производству транзисторов. С его компании и отпочковавшихся от нее фирм и начался полупроводниковый бизнес. Затем транзистор породил интегральную схему, которая дала всю окружающую нас электронику.

За это время произошло много событий и выдано много патентов, – слишком много, чтобы рассказать обо всех. Но основные

моменты истории транзисторов и связанные с ними события кратко резюмируются на временной шкале (Рисунок 2).

Сегодня мы, несомненно, достигли физического предела для сокращения размеров транзисторов. При технологических нормах 5 нм размеры затвора приближаются к размерам атомов и молекул. Мы просто не можем сделать меньше, и это вынуждает нас отвергнуть закон Мура.

Так что же будет дальше? **ПЛ**

Ограничение пускового тока изолированного преобразователя с помощью схемы мягкого старта

Mangjing Xie

Electronic Design

Для изолированных DC/DC преобразователей характерны большие пусковые токи, но небольшая схема мягкого старта может решить проблему и ограничить этот ток

Большинству DC/DC преобразователей требуется схема мягкого старта, ограничивающая пусковой ток при включении. Реализация плавного мягкого старта в системах со сбросом по включению питания (POR) необходима, но затруднена в случае изолированных преобразователей с контроллером на первичной стороне и ограничением коэффициента заполнения ШИМ или тока.



Рисунок 1. Выходное напряжение прямоходового преобразователя в режиме запуска при питании системы, включающейся при напряжении 10 В. Видно циклическое включение системы и выбросы на выходе, достигающие примерно 10%.

Осциллограммы на Рисунке 1 иллюстрируют процесс включения 12-вольтового прямоходового преобразователя, мягкий старт которого обеспечивается поцикловым изменением коэффициента заполнения импульсов формирователя ШИМ, расположенного на первичной стороне. Когда выходное напряжение достигает порога срабатывания схемы POR, равного 10 В, система включается и начинает потреблять ток, достигающий 50% от номинального значения. Как только нагрузка начинает потреблять ток, выходное напряжение «проседает», что приводит к отключению системы. В результате во время мягкого старта преобразователя система несколько раз циклически перезапускается. Кроме того, в конце запуска происходит нежелательный выброс выходного напряжения, достигающий 10%.

Обеспечить плавный мягкий старт для изолированного преобразователя на основе ШИМ-контроллера LM5025 с активным ограничением напряжения несложно. Практическую схему мягкого старта можно реализовать с помощью показанной на Рисунке 2 простой цепи, расположенной на вторичной стороне.

При первой подаче питания на вход преобразователя напряжение на его выходе (V_{OUT}) начинает расти, заряжая конденсатор C_{SS} током I_{SS} , протекающим через резистор R_{SS} . Когда ток I_{SS} превысит значение $V_{BE(ON)}/R_{SS}$ ($V_{BE(ON)}$ – пороговое напряжение транзистора), транзистор Q_{SS} откроется и начнет заби-

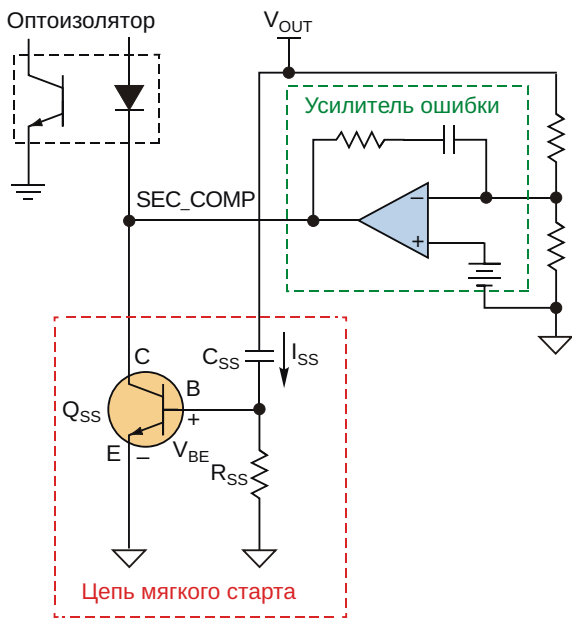


Рисунок 2. Реализация мягкого старта на вторичной стороне с помощью вспомогательной схемы в цепи обратной связи.

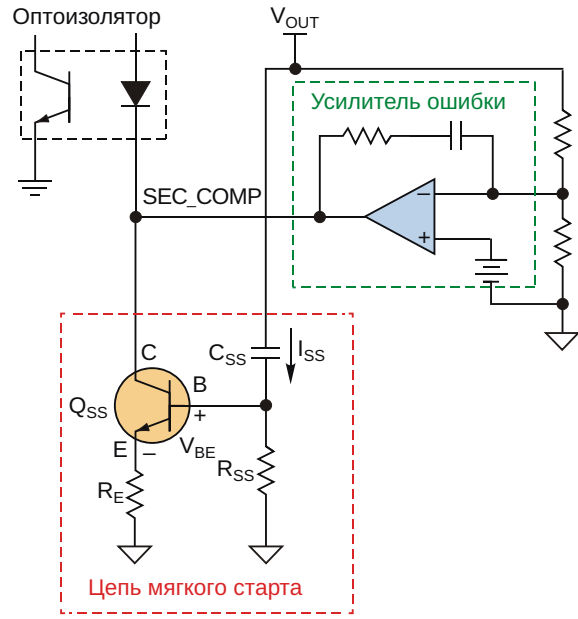


Рисунок 3. Добавление резистора R_E , стабилизирующего усиление, улучшает устойчивость схемы мягкого старта.

рвать ток из узла SEC_COMP с выхода усилителя ошибки вторичной стороны, подключенного через оптрон к входу ШИМ (COMP) контроллера LM5025. (См. стр. 1 технического описания LM5025 – Ред.). В результате коэффициент заполнения импульсов ШИМ уменьшается. Усилитель ошибки входит в насыщение, и в цепи обратной связи, образованной элементами C_{SS} , R_{SS} , Q_{SS} и оптроном, начинает доминировать схема мягкого старта. Когда преобразователь войдет в режим стабилизации и выходное напряжение достигнет номинальной величины, усилитель ошибки замкнет цепь регулирования, ток I_{SS} прекратится, и транзистор Q_{SS} закроется.

Передаточная функция комплексной переменной s , связывающая выходное напряжение V_{OUT} с током оптрона, определяется формулой

$$G_{SS}(s) = \frac{I_D(s)}{V_{OUT}(s)} = C_{SS} s. \quad (1)$$

Несмотря на свою эффективность, эта простая схема может быть неустойчивой из-за высокого коэффициента усиления транзистора Q_{SS} и большого разброса его значений. Для стабилизации этой цепи между эмиттером Q_{SS} и землей необходимо включить резистор R_E (Рисунок 3), увеличением сопро-

тивления которого можно снизить коэффициент передачи цепи обратной связи на время запуска.

С резистором R_E передаточная функция цепи мягкого старта примет вид:

$$G_{SS}(s) = \frac{R_{SS} C_{SS} s}{(R_{SS} + R_E) \frac{R_E R_{SS} C_{SS} s}{R_{SS} + R_E}}. \quad (2)$$

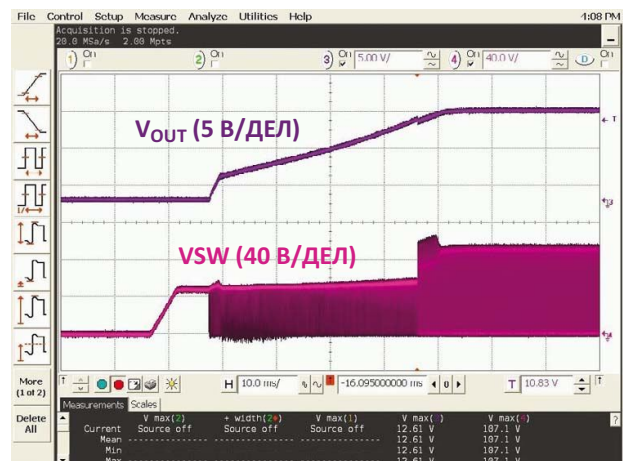


Рисунок 4. Когда нагрузка подключается, поступление тока из вывода COMP в цепь мягкого старта прекращается, в результате чего коэффициент заполнения импульсов ШИМ увеличивается, и преобразователь продолжает процесс мягкого старта.

На высоких частотах формула (2) упрощается:

$$G_{SS}(s) \approx \frac{1}{R_E} \quad (3)$$

Для проверки идеи в преобразователе были использованы компоненты $C_{SS} = 0.1 \text{ мкФ}$, $R_{SS} = 100 \text{ кОм}$ и $R_E = 1.18 \text{ кОм}$, после чего диаграмма его выходного напряжения во время запуска приобрела вид, показанный на Рисунке 4. Когда нагрузка начинает потреблять ток, поступление тока из COMP в цепь мягкого старта прекращается, и коэффициент заполнения импульсов ШИМ быстро увеличивается. Затем мягкий старт преобразователя продолжается после незначительного спада напряжения, вызванного переходными процессами в нагрузке.

На Рисунке 4 также показано, что после включения нагрузки в коммутационном узле преобразователя (VSW) возникает дополнительный выброс напряжения, который, как можно увидеть при более быстрой развертке (Рисунок 5), образован паразитными колебаниями с частотой 9.5 кГц.

В приведенном примере использован контроллер с управлением по напряжению. Из-за наличия двойных полюсов силовая часть преобразователя имеет фазовый сдвиг 180° . Поэтому для улучшения устойчивости в передаточную функцию необходимо добавить ноль, подключив параллельно резистору R_E конденсатор C_E (Рисунок 6). Чтобы обеспечить запас по фазе 45° , был добавлен ноль на частоте 9.5 кГц (измерен-

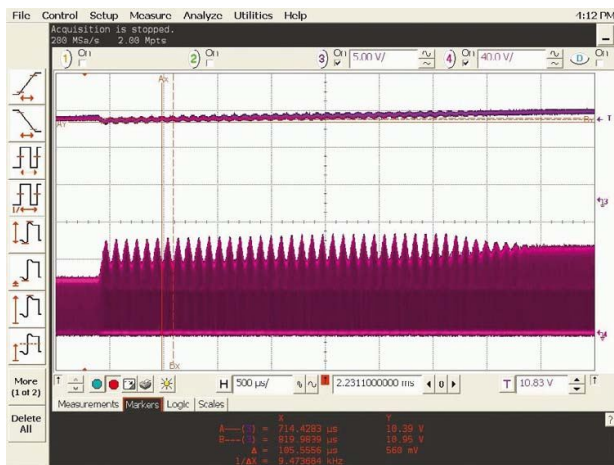


Рисунок 5. Осциллограмма выходного напряжения в более мелком масштабе, на которой видны нежелательные колебания с частотой 9.5 кГц.

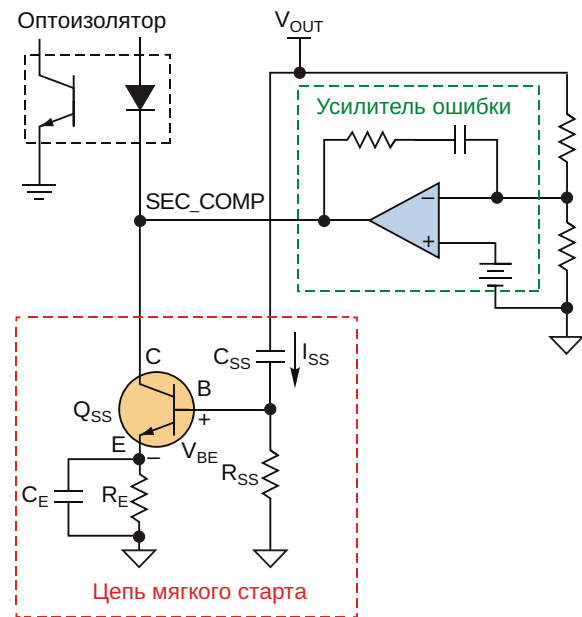


Рисунок 6. Добавление нуля путем подключения конденсатора C_E параллельно резистору R_E обеспечивает дополнительный запас по фазе 45° и повышает устойчивость схемы.

ная частота генерации). При сопротивлении резистора $R_E = 1.18 \text{ кОм}$ требуется конденсатор емкостью 15 нФ.

При параллельном соединении R_E и C_E передаточная функция цепи мягкого старта определяется формулой:

$$G_{SS}(s) = \frac{R_E C_E s + 1}{R_E} \quad (4)$$

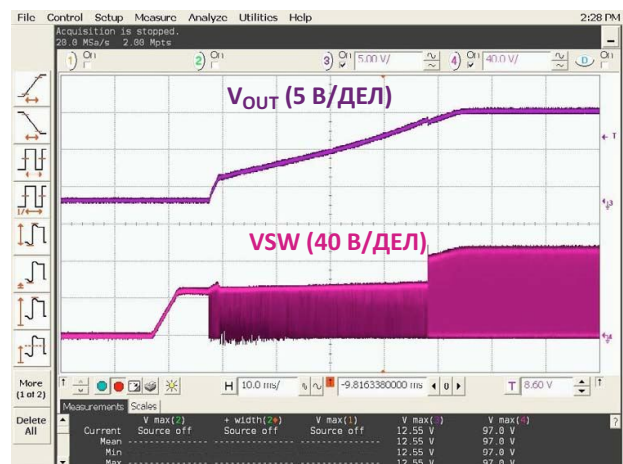


Рисунок 7. Введение нуля в передаточную функцию с помощью дополнительного конденсатора небольшой емкости устраняет колебания напряжения. Время мягкого старта для окончательного варианта схемы составляет 50 мс.

На Рисунке 7 показана осциллограмма выходного напряжения после добавления конденсатора $C_E = 15$ нФ. Видно, что генерация устранена, а длительность мягкого старта составляет 50 мс.

Во время мягкого старта ток диода типичного оптрона ($I_{\text{OPTO_D}}$) определяется контроллером LM5025 и коэффициентом передачи оптопары и находится в диапазоне от 1.2 мА до 0.8 мА. При $R_E = 1.18$ кОм напряжение на резисторе R_{SS} равно

$$V_{\text{BE(ON)}} = R_E \cdot I_{\text{OPTO_D}} = 0.8 \text{ мА} \cdot 1.644 \text{ В}.$$

Поскольку $V_{\text{BE(ON)}} = 0.7$ В, I_{SS} можно рассчитать как

$$I_{SS} = \frac{V_{\text{BE(ON)}} \cdot R_E \cdot I_{\text{OPTO_D}}}{R_{SS}}.$$

Отношение I_{SS}/C_{SS} задает скорость нарастания выходного напряжения dv/dt . Для того чтобы предложенный способ был эффективным, время установления мягкого старта на первичной стороне должно быть установлено намного меньшим, чем на вторичной. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM5025](#)

Обратный АЦП двойного интегрирования расширяет динамический диапазон измерений

Stephen Woodward

EDN

На протяжении, по меньшей мере, четырех десятилетий АЦП двойного интегрирования служат основой большинства цифровых мультиметров и многих промышленных и измерительных приложений. Элегантный в своей простоте DSADC (dual-slope ADC – АЦП двойного интегрирования), содержащий аналоговый интегратор, соединенный с компаратором и логикой управления, накапливает (интегрирует) входной сигнал V_{IN} в течение фиксированного интервала времени T_1 (первое интегрирование), после чего вход интегратора подключается к источнику отрицательного опорного напряжения V_{REF} , чтобы вернуть подынтегральную функцию обратно к нулю (второе интегрирование) и измерить необходимое для этого время T_2 . Таким образом, входное напряжение равно

$$V_{IN} = V_{REF} \frac{T_2}{T_1}. \quad (1)$$

Идея этой статьи переворачивает знакомый алгоритм. Простая перемена порядка интегрирования сигнала и опорного напряжения дает то, что я называю RDSADC (reciprocal dual-slope integrating ADC – обратный АЦП двойного интегрирования).

Здесь V_{REF} интегрируется в течение фиксированного интервала времени T_1 . Затем

вход интегратора подключается к $-V_{IN}$, и измеряется время T_2 , необходимое для того, чтобы напряжение вернулось к нулю. Таким образом

$$V_{IN} = V_{REF} \frac{T_1}{T_2}. \quad (2)$$

Сравнивая два очень похожих выражения, вы можете задать законный вопрос: «Ну и что?». А вот, что.

Результат преобразования в выражении (2) обратно пропорционален времени измерения T_2 , а значит, и $1/V_{IN}$, а дифференцирование показывает, что скорость изменения не линейна, а обратно пропорциональна квадрату измеренного значения, то есть

$$\frac{dT_2}{dV_{IN}} = \frac{1}{V_{IN}^2}. \quad (3)$$

За счет такого измерения с нелинейным преобразованием поддерживается высокое разрешение при малых амплитудах входных сигналов, не требуя автоматического переключения масштабного коэффициента V_{IN} . Практическая реализация схемы RDSADC показана на Рисунке 1. Она преобразует входной 10-битный сигнал от 1 мВ до 1 В, сохра-

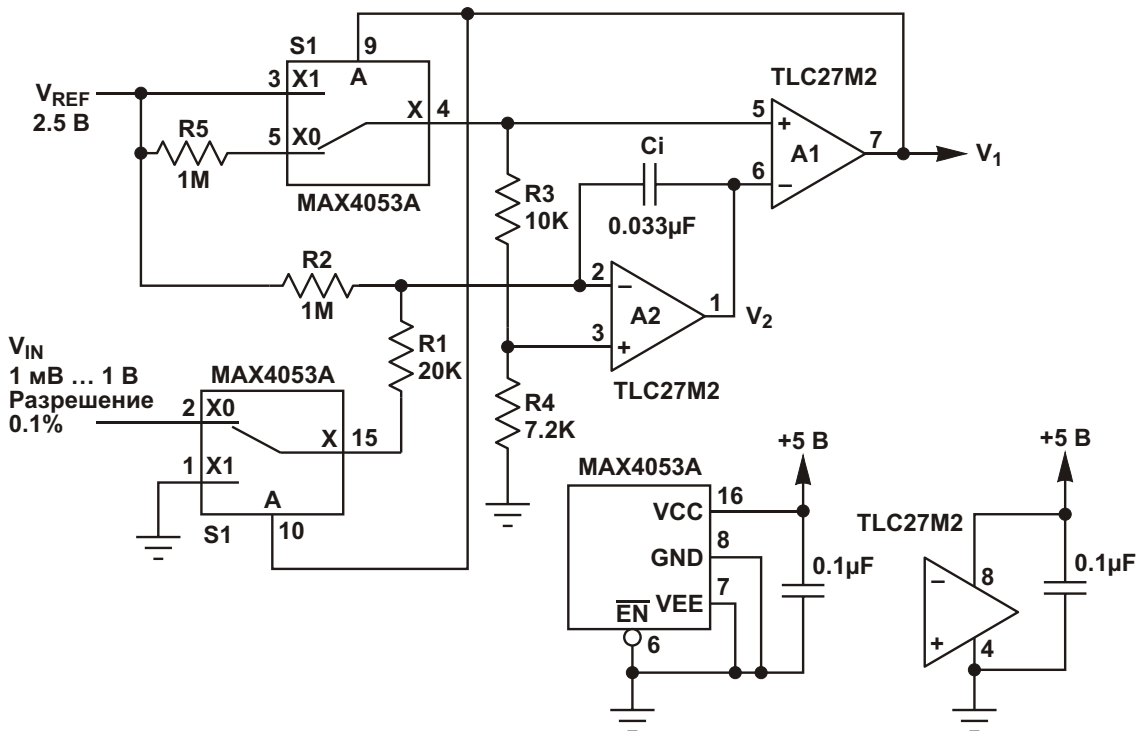


Рисунок 1. Для получения большого динамического диапазона RDSADC меняет обычный порядок интегрирования.

няя 10-битное разрешение на обеих границах диапазона: 1 мВ при $V_{IN} = 1$ В, и 1 мкВ при $V_{IN} = 1$ мВ. Это эквивалентно 20-битному динамическому диапазону 1,000,000:1, при том, что разрешение счетчика, используемого для измерения T_2 , составляет 15 бит. Иными словами, с помощью 15-разрядного счетчика достигается 20-битный динамический диапазон при времени преобразования в 32 раза меньшем, чем для аналогичного DSADC. В действительности, V_{IN} может немного заходить в отрицательную область и, с некоторой потерей разрешения, достигать 5 В.

Вот как это работает.

Цикл RDSADC начинается с подключения опорного напряжения V_{REF} к входу «+» интегратора A2 (вывод 3) ключом S1 через делитель напряжения $R4/(R3 + R4)$ и интегрирования в течение интервала T_1 , которое заканчивается, когда V_2 достигает V_{REF} , и выход ком-

паратора A1 переключается в низкое состояние (Рисунок 2).

После этого S1 дает возможность напряжению на входе «+» A2 опуститься почти до земли (подробнее об этом чуть позже), а S2 через резистор R1 подключает вход «-» A2 почти к уровню V_{IN} . Затем V_2 опускается вниз со скоростью, почти пропорциональной V_{IN} ,

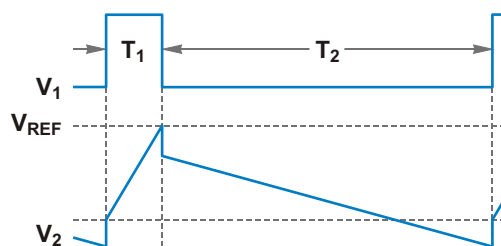


Рисунок 2. Временные диаграммы RDSADC:

- T_1 : 1 мс (интегрирование V_{REF})
- T_2 : 1...32 мс (интегрирование V_{IN})
- Частота отсчетов: 1 МГц
- Частота выборки: 30...500 Гц

¹⁾ 32 мВ получаются из напряжения 50 мВ, формируемого делителем R1-R2 опорного напряжения V_{REF} , равного 2.5 В, которое добавляет ток смещения 1.6 мкА (32 мВ/20 кОм) к входному току $V_{IN}/20$ кОм, минус «вспомогательное» смещение, создаваемое делителем R3-R5 (18 мВ). Следовательно, 50 мВ – 18 мВ = 32 мВ.

определяющей интервал счета T_2 . С достижением уровнем V_2 нижнего порога компаратора А1 импульс T_2 обрывается, завершая очередной цикл аналого-цифрового преобразования, и начиная новый. Так повторяется до бесконечности.

По поводу этих «почти». Внимательные читатели заметили, что на отрезке времени T_2 , когда ключ S1 отсоединяет V_{REF} от входа «+» А1, резистором R5 создается положительное смещение 42 мВ. Это смещение необходимо для того, чтобы, несмотря на использование однополярного питания, поддерживать работоспособность выхода А2 до конца спада напряжения в течение всего интервала T_2 .

Кроме того, в течение времени T_2 резистор R2 формирует эффективное смещение 32 мВ¹⁾, гарантирующее, что время T_2 останет-

ся конечным (не более 32 мс), даже тогда, когда V_{IN} приближается к нулю. Таким образом,

$$V_{IN} \frac{T_1}{T_2} = 0.032. \quad (4)$$

Эта идеализированная арифметика не учитывает реальные входные смещения А1 и А2, точность опорного источника V_{REF} и отклонения сопротивлений резисторов, однако все погрешности легко могут быть компенсированы программно с помощью простой двухточечной калибровки напряжений полной шкалы и нуля. [РЛ](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX4053A](#)
2. [Datasheet Texas Instruments TLC27M2](#)

Использование недорогих быстродействующих ОУ в качестве тактовых буферов

John Ardizzoni, Analog Devices

Eelctronic Design Europe

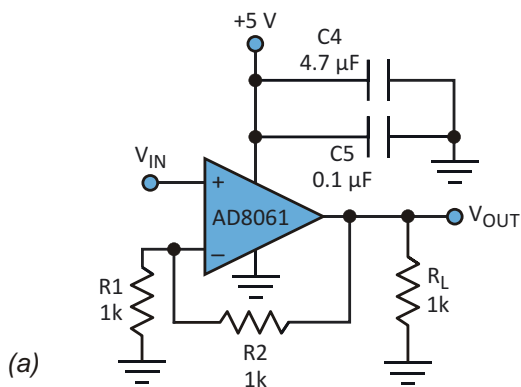
В приложениях потребительской электроники, работающих на относительно невысоких частотах и менее критичных к качеству синхронизации, чем типичные системы, требующие буферизации тактовых сигналов, недорогой быстродействующий операционный усилитель (ОУ) с полосой порядка 100 МГц может служить привлекательной заменой традиционных тактовых буферов. Быстродействующие усилители могут оказаться более дешевым решением, чем классические тактовые буферы, и при этом их можно адаптировать к широкому спектру различных конфигураций. Например, хорошей альтернативой для недорогих тактовых буферов являются выпускаемые Analog Devices ОУ с однополярным питанием типа AD8061, а также микросхемы семейства ADA485X. Все эти усилители питаются от низких напряжений, потребляют небольшие токи, имеют режимы пониженного расхода энергии для маломощных приложений и rail-to-rail выходы, обеспечивающие широкий динамический диапазон.

Одним из существенных преимуществ ОУ перед традиционными буферами синхронизации является гибкость. Операционные усилители дают возможность буферизовать, усиливать, смещать по уровню, инвертировать, суммировать, вычитать или фильтровать сигналы. Они обеспечивают высокий входной импеданс, малые входные токи, низкий ток потребления, независимые режимы пониженной мощности (для нескольких ОУ в корпусе), низкий выходной импеданс и малую задержку распространения.

При использовании ОУ в приложениях тактовых буферов разработчики должны знать и соблюдать некоторые ограничения. Например, для усилителей с обратной связью по напряжению производство усиления на полосу пропускания является фиксированной величиной. Поэтому с увеличением коэффициента усиления с обратной связью их полоса пропускания уменьшается. Каскадирование нескольких ОУ с небольшими коэффициентами усиления позволяет расширить полосу пропускания, сохраняя общее усиление и быстродействие схемы.

Для портативных электронных устройств важно однополярное питание. Диапазон синфазных напряжений ОУ с однополярным питанием по определению включает уровень отрицательной шины (земли). Большинство из них может работать с входными напряжениями, уровни которых на 200 мВ ниже земли. Но это не означает, что ниже земли может опускаться и выходное напряжение. В выходных каскадах типичных rail-to-rail биполярных усилителей используется конфигурация с общим эмиттером. Соответственно, выходное напряжение всегда будет больше уровня шины земли на величину напряжения насыщения, которое в зависимости от выходной нагрузки может варьироваться от десятков до сотен милливольт.

По счастью, в этих приложениях выходному сигналу обычно не нужно опускаться до самой земли. Когда выходной сигнал подходит слишком близко к земле (примерно от 100 мВ до 200 мВ), выходной каскад может входить в насыщение, что приводит к искаже-



(б)

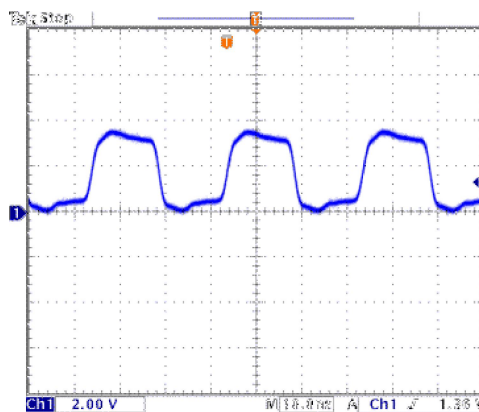


Рисунок 1. Тактовый буфер на основе неинвертирующего ОУ с коэффициентом усиления +2 (а) и его переходная характеристика при частоте импульсов 33 МГц (б).

нию и длительному времени восстановления. В системах со связью по постоянному току следите за тем, чтобы низкий уровень сигнала был выше 200 мВ, или используйте источник отрицательного напряжения -200 мВ. При любом методе это защитит выходной каскад от насыщения.

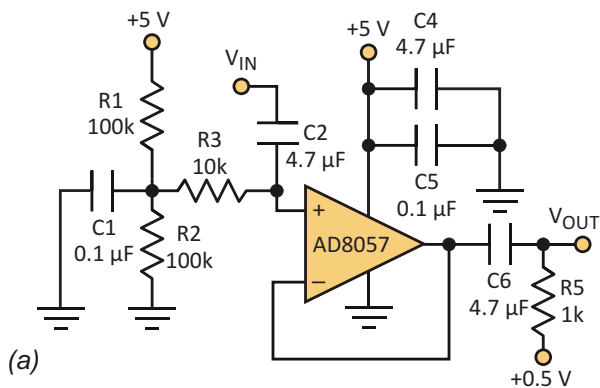
Кроме того, в технической документации на усилители указывается необходимый запас верхнего уровня выходного сигнала относительно положительного напряжения питания, так что все сказанное относительно отрицательной шины питания точно так же относится и к положительной. Если входное напряжение слишком велико, выходной каскад будет искажать и обрезать сигнал.

На Рисунке 1а изображен неинвертирующий тактовый буфер на основе ОУ с коэффициентом усиления +2, а на Рисунке 1б пока-

зана переходная характеристика этой схемы. В данной конфигурации верхняя граница рабочих частот AD8061 находится примерно на уровне 33 МГц. Равная 2 нс задержка распространения этого усилителя соизмерима с задержками специализированных тактовых буферов.

В некоторых приложениях допустима развязка по постоянному току, что позволяет расширить полосу частот, используя более быстродействующие усилители. В схемах с одним источником напряжения входы и выходы этих усилителей смещают, подключая к средней точке питания.

Схема тактового буфера на быстродействующем усилителе AD8057 компании Analog Devices, включенном в конфигурации с единичным усилением, изображена на Рисунке 2а. Полоса пропускания этого ОУ



(б)

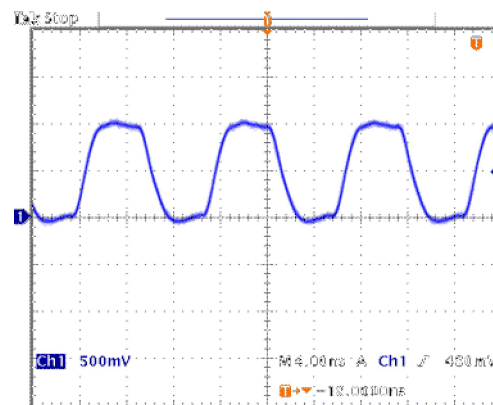


Рисунок 2. В этом тактовом буфере с развязкой по постоянному току использован быстродействующий ОУ AD8057 в конфигурации с единичным усилением (а). Переходная характеристика буфера говорит о хорошем качестве импульсов (б).

равна 325 МГц, а скорость нарастания выходного напряжения – 1150 В/мкс. Резистор нагрузки подключен к напряжению, равному среднему уровню входного сигнала. Это дает гарантию, что уровень выходного напряжения будет привязан к земле. Верхняя рабочая частота схемы равна примерно 100 МГц. Вы можете судить об этом по хорошему качеству сигнала при частоте импульсов 90 МГц (Рисунок 2б).

Таким образом, когда в схеме требуется буферизация тактового сигнала, быстроде-

йствующий усилитель зачастую может обеспечить большую гибкость при меньших затратах, конкурируя с традиционными тактовыми буферами во многих приложениях. В зависимости от конкретного устройства, могут использоваться усилители либо с одно-, либо с двуполярным питанием. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8057](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD8061](#)

Простой сверхнизкочастотный генератор синусоидальных и прямоугольных сигналов

Jim Tonne

Electronic Design

Из нескольких пассивных компонентов с низкими утечками и двух операционных усилителей с высоким входным сопротивлением можно собрать генератор синусоидальных и прямоугольных сигналов с периодом выходных колебаний, измеряемым минутами и более

Изображенная на Рисунке 1 схема генерирует сигналы синусоидальной формы с нелинейными искажениями порядка 3% или меньше. В схеме отсутствуют элементы обратной связи или стабилизации усиления,

поскольку они в ней просто не нужны. В качестве фазосдвигающей цепи в этом генераторе используется фильтр нижних частот, а не более распространенная схема с фильтром верхних частот.

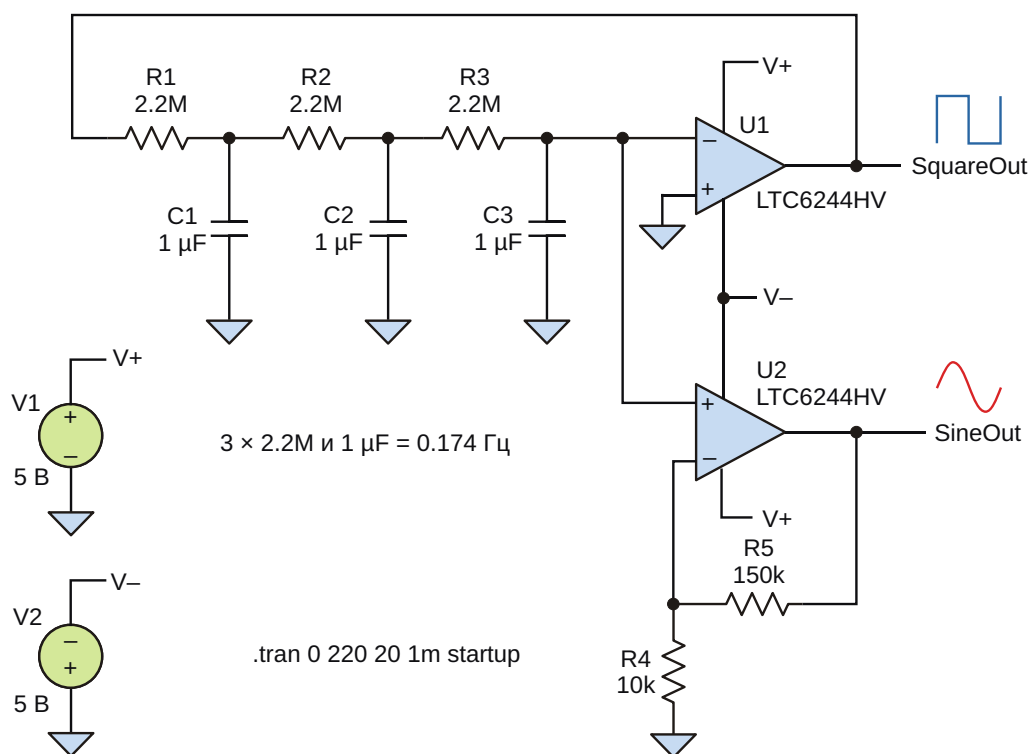


Рисунок 1. Этому генератору сверхнизкочастотных сигналов синусоидальной и прямоугольной формы требуется очень немного компонентов, однако, как показывают результаты моделирования в LTspice, он обеспечивает низкий уровень искажений.

Фильтром нижних частот, удаляющим из выходного сигнала большую часть посторонних гармоник, служит времязадающая цепь. Публиковались и другие схемы генераторов, в которых используются фазосдвигающие цепи на основе низкочастотных фильтров, но большинство из них было сложнее (а некоторые намного сложнее).

Выход операционного усилителя (ОУ) U1 соединен с первой секцией фазосдвигающей цепи через R1 и C1. Каждый каскад этой цепи последовательно ослабляет гармонические составляющие сигнала и отчасти основную гармонику. Окончательный синусоидальный сигнал возвращается на вход усилителя U1, не имеющего обратной связи, поэтому из-за

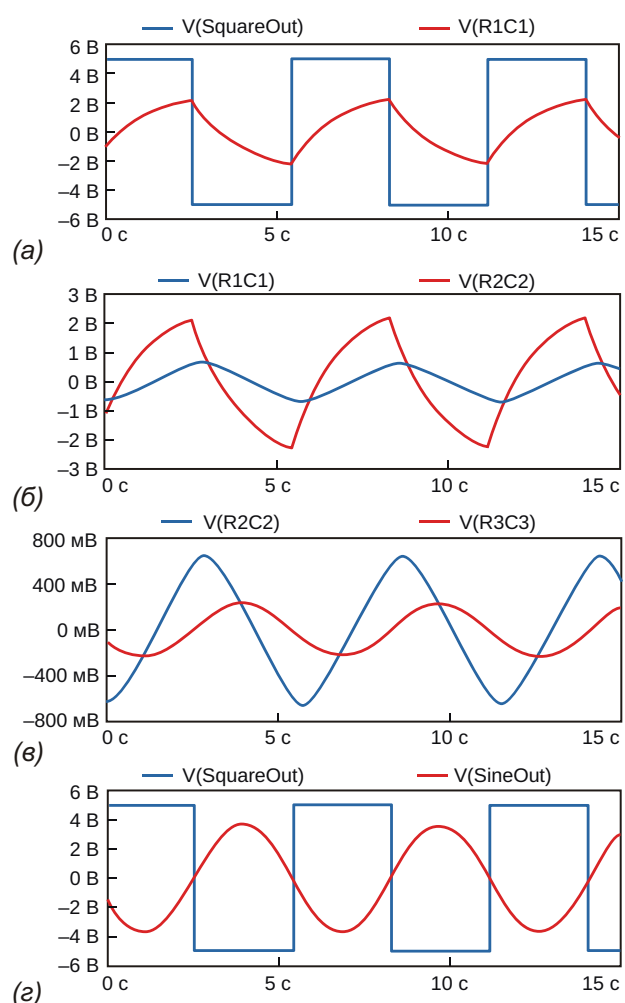


Рисунок 2. Формы сигналов в четырех главных точках схемы:

- (а) – выход U1 (прямоугольные импульсы) и точка соединения R1 и C1 («треугольные» импульсы);
- (б) – сигналы на R1/C1 и R2/C2;
- (в) – сигнал на R2/C2 и синусоидальный сигнал на R3/C3;
- (г) – выходы сигналов прямоугольной и синусоидальной формы.

сильного ограничения он приобретает прямоугольную форму. Кроме того, для восстановления синусоиды до более практичного уровня и снижения выходного импеданса этот же сигнал поступает на вход усилителя U2, работающего в линейном режиме.

При использовании трех резисторов 2.2 МОм и трех конденсаторов 1 мкФ схема генерирует синусоиду с частотой примерно 0.174 Гц. (Обратите внимание, что, заменив C1-C3 трехсекционным конденсатором переменной емкости, можно создать недорогой аудио генератор с регулируемой частотой).

Независимо от частоты, схема быстро запускается в течение нескольких периодов, а амплитуда выходного сигнала отличается высокой стабильностью. Усилитель U1 не обязательно должен иметь rail-to-rail выход, но требуется, чтобы сигнал ограничивался симметрично, так как в противном случае на выходе будут присутствовать четные гармоники. При наличии у схемы дополнительного выхода сигнала треугольной формы ее можно было бы назвать функциональным генератором. Однако в представленной здесь простейшей конфигурации такого выхода нет.

При увеличении номиналов элементов эта схема может генерировать синусоиды с периодами порядка минут и более, что в значительной степени зависит от характеристик используемых компонентов. В связи с высокими сопротивлениями резисторов необходимо выбирать КМОП ОУ со сверхмалыми входными токами, а времязадающие конденсаторы должны иметь очень низкие утечки. На Рисунке 2 показаны временные диаграммы сигналов в критических точках схемы.

Возможной негативной стороной этой схемы является необходимость во втором ОУ для буферизации и усиления выходного синусоидального сигнала. Требование высокого входного импеданса относится к обоим ОУ. Хотя генератор представлен здесь как сверхнизкочастотный, верхняя граница частотного диапазона этой схемы ограничена лишь произведением коэффициента усиления на полюсу пропускания выбранных операционных усилителей. При использовании ОУ с подходящей широкополосностью схема без существенного увеличения искажений будет работать и в верхней части звукового диапазона. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LTC6244HV](#)

Увеличение выходного импеданса биполярного источника тока на высоких частотах

Alex Birkett

EDN

Традиционные источники тока и преобразователи напряжение-ток, основанные на инструментальных и операционных усилителях, на низких частотах имеют высокие выходные импедансы благодаря хорошим низкочастотным коэффициентам подавления синфазного сигнала (common-mode-rejection ratio – CMRR). Однако созданию высококачественных источников тока препятствует уменьшение CMRR на более высоких частотах,

обусловленное выходными емкостями и ограниченными скоростями нарастания усилителей. Выпускаемые Analog Devices 200-мегагерцовые усилители-приемники AD8129 и AD8130 имеют дифференциальные входы и отличные значения CMRR. Хотя неплохой отправной точкой может служить схема на Рисунке 1, относительно высокие входные токи AD8130 способны повлиять на точность схемы при низких уровнях выходных токов I_O .

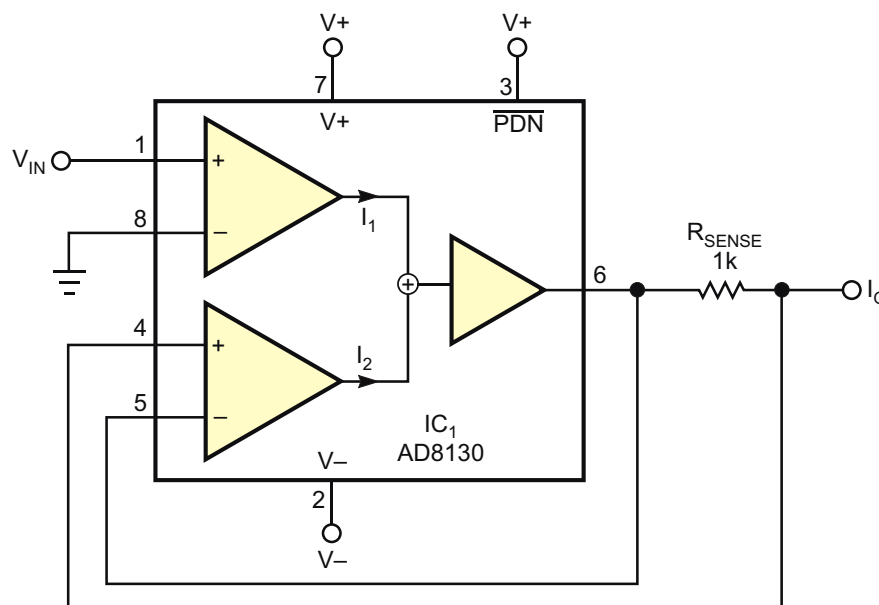


Рисунок 1. 200-мегагерцовый дифференциальный усилитель-приемник AD8130 может служить основой высокочастотного источника тока.

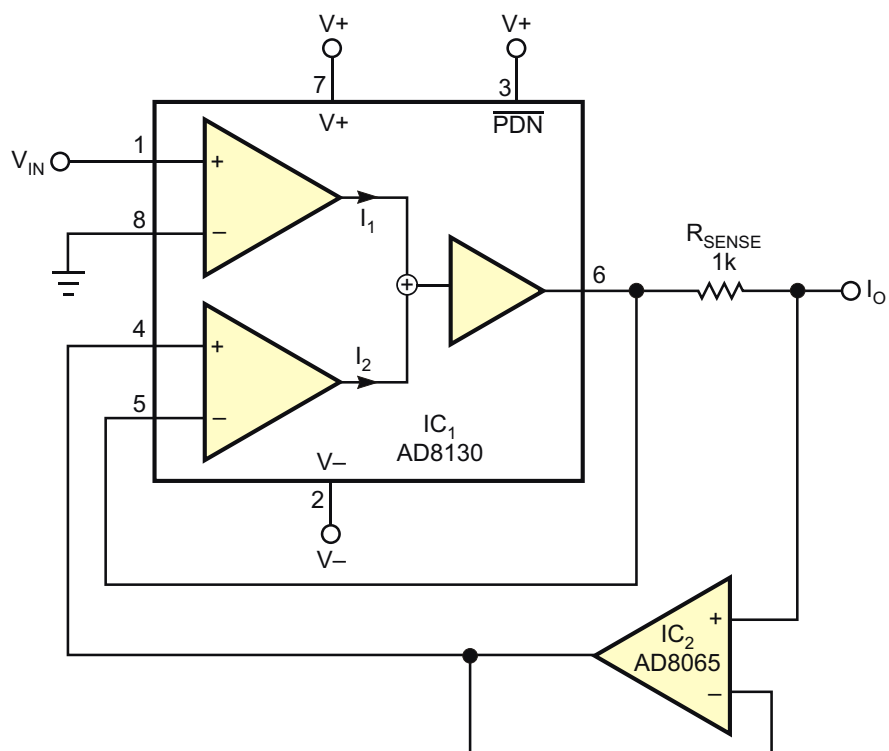


Рисунок 2. Добавление буферного усилителя AD8065 изолирует токоизмерительный резистор R_{SENSE} и уменьшает ошибки, обусловленные входными токами микросхемы IC₁.

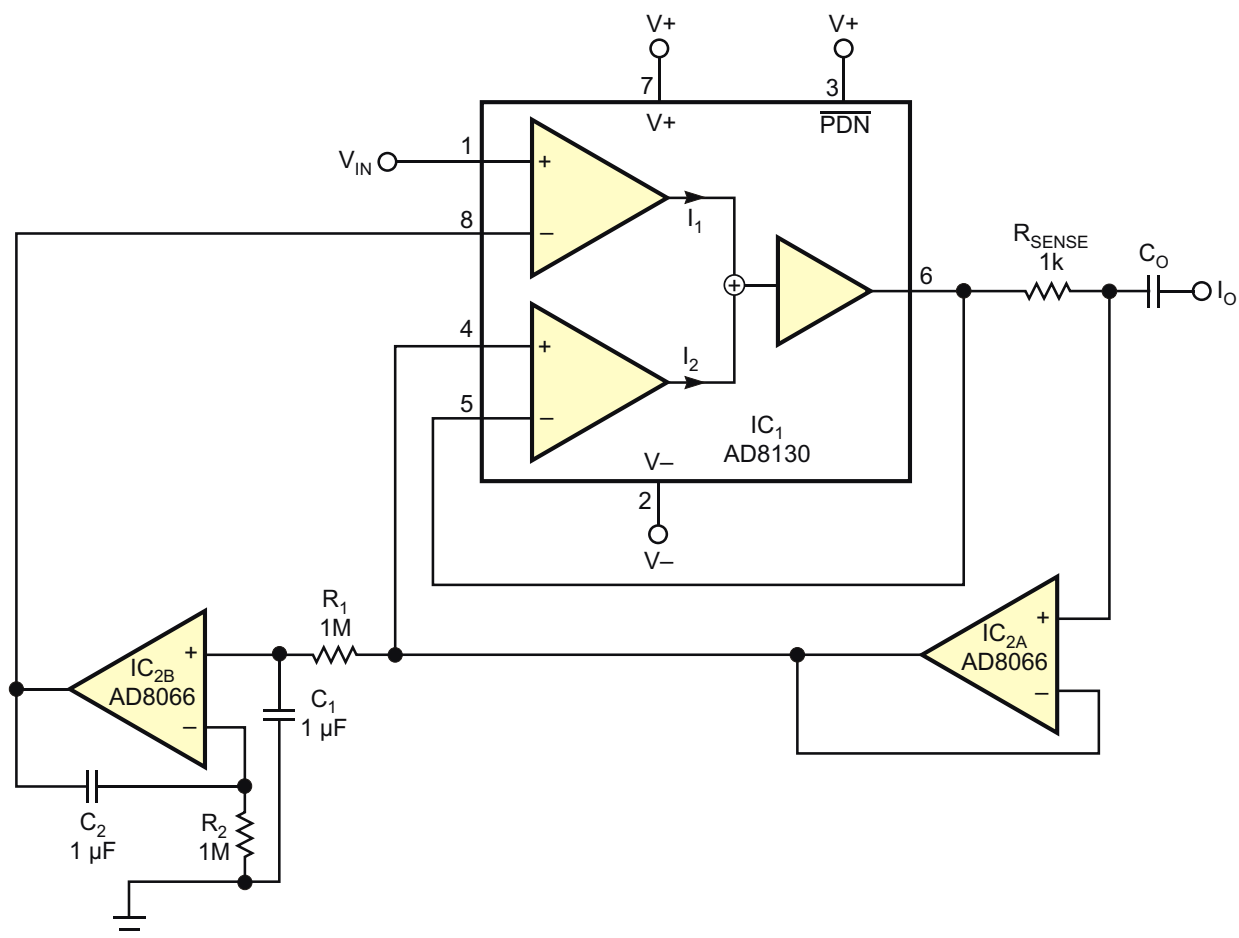


Рисунок 3. В случае источника тока, имеющего выход со связью по переменному току, следует добавить контур стабилизации постоянного напряжения на микросхемах IC_{2A} и IC_{2B}.

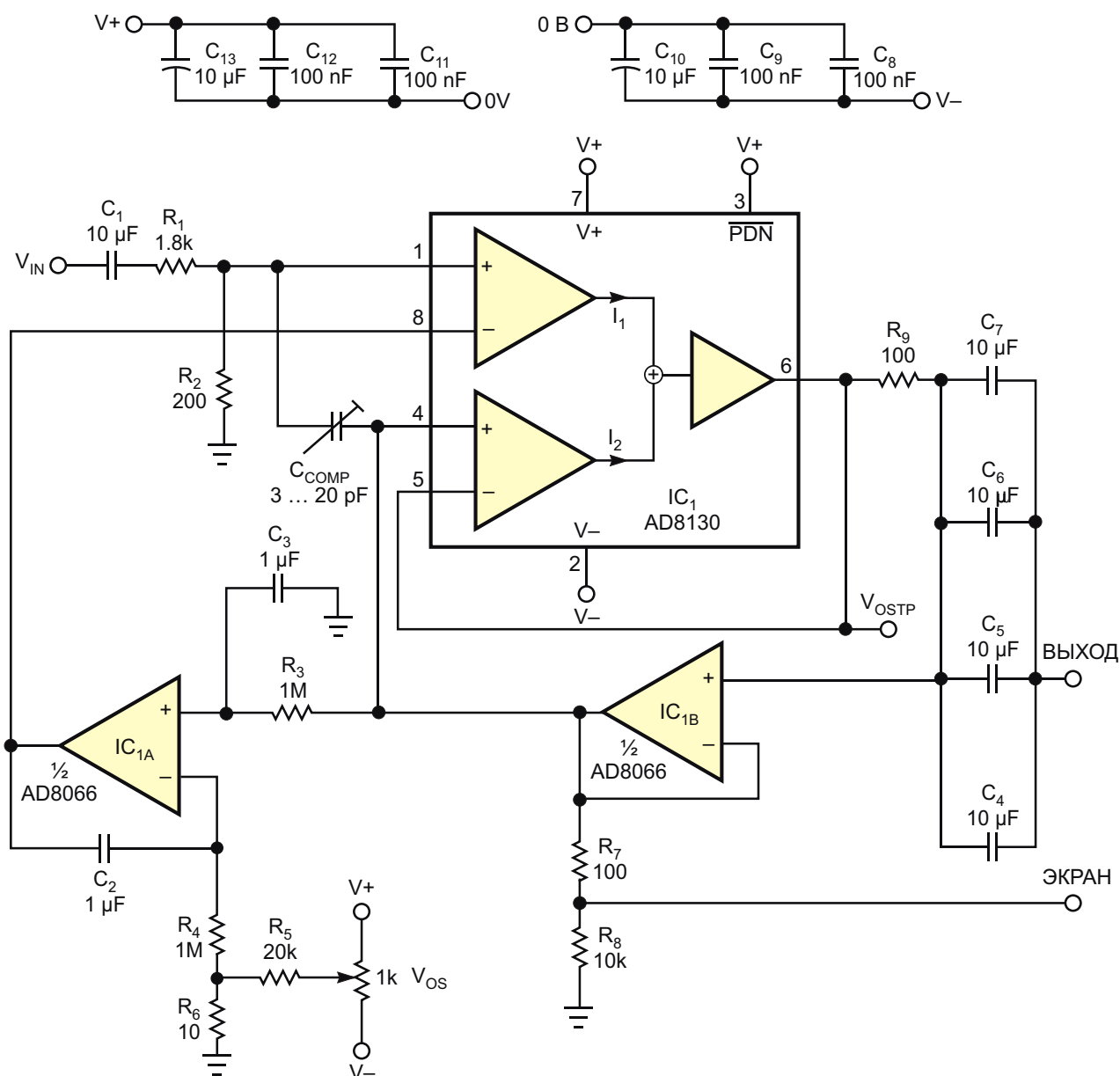


Рисунок 4. Полная схема содержит подстроечный конденсатор C_{COMP} , компенсирующий паразитные емкости схемы. Кроме того, не забывайте про конденсаторы развязки питания.

Для преодоления этого недостатка нужно изолировать токоизмерительный резистор R_{SENSE} , добавив буфер с единичным усилением (IC_2), показанный на Рисунке 2. Кроме того, для измерения напряжения нагрузки и компенсационного подавления емкости выходного кабеля можно использовать дополнительный буферный усилитель. Выходное сопротивление схемы равно примерно 500 кОм на частоте 1 МГц, а диапазон входных напряжений при напряжении источника питания ± 5 В составляет ± 3 В.

Источники тока с емкостной развязкой нагрузки рекомендуется дополнять следя-

щим контуром для стабилизации рабочей точки схемы (Рисунок 3). Величина емкости выходного разделительного конденсатора C_O зависит от требуемой частоты спада на низких частотах. Дальнейшие усовершенствования базовой схемы позволяют компенсировать выходную емкость и увеличить выходной импеданс схемы. Небольшой подстроечный конденсатор обратной связи C_{COMP} , емкость которого примерно вдвое меньше выходной паразитной емкости, обеспечивает упреждающую компенсацию и дальнейшее снижение влияния паразитных емкостей выхода (Рисунок 4). Для предот-

вращения самовозбуждения схемы усиление драйвера кабельного экрана должно быть чуть меньше единицы. Обратите внимание, что уменьшение сопротивления выходного токоизмерительного резистора R_9 до 100 Ом компенсируется входным attenuатором, образованным резисторами R_1 и R_2 и поддерживающим крутизну преобразования, равной 1 мА/В. Диапазон рабочих частот преобразователя напряжение-ток

составляет от 20 Гц до 10 МГц. Для получения наилучших характеристик схемы используйте методы разводки высокочастотных плат и соответствующие развязки по питанию. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8065/AD8066](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD8129/AD8130](#)

Гальваническая изоляция интерфейса I²C с улучшенной помехоустойчивостью

Michele Costantino

EDN

В статье представлен простой и эффективный способ оптической изоляции устройств, подключаемых к шине I²C (Рисунок 1). Это усовершенствованная версия схемы, ранее описанной в [1]. Со стороны задатчика шины

I²C сигналы обозначены как SDA и SCL, а со стороны подчиненного устройства – SDA₁ и SCL₁. Линия передачи тактового сигнала идет в одном направлении – от ведущего шины к подчиненному устройству, – поэтому допол-

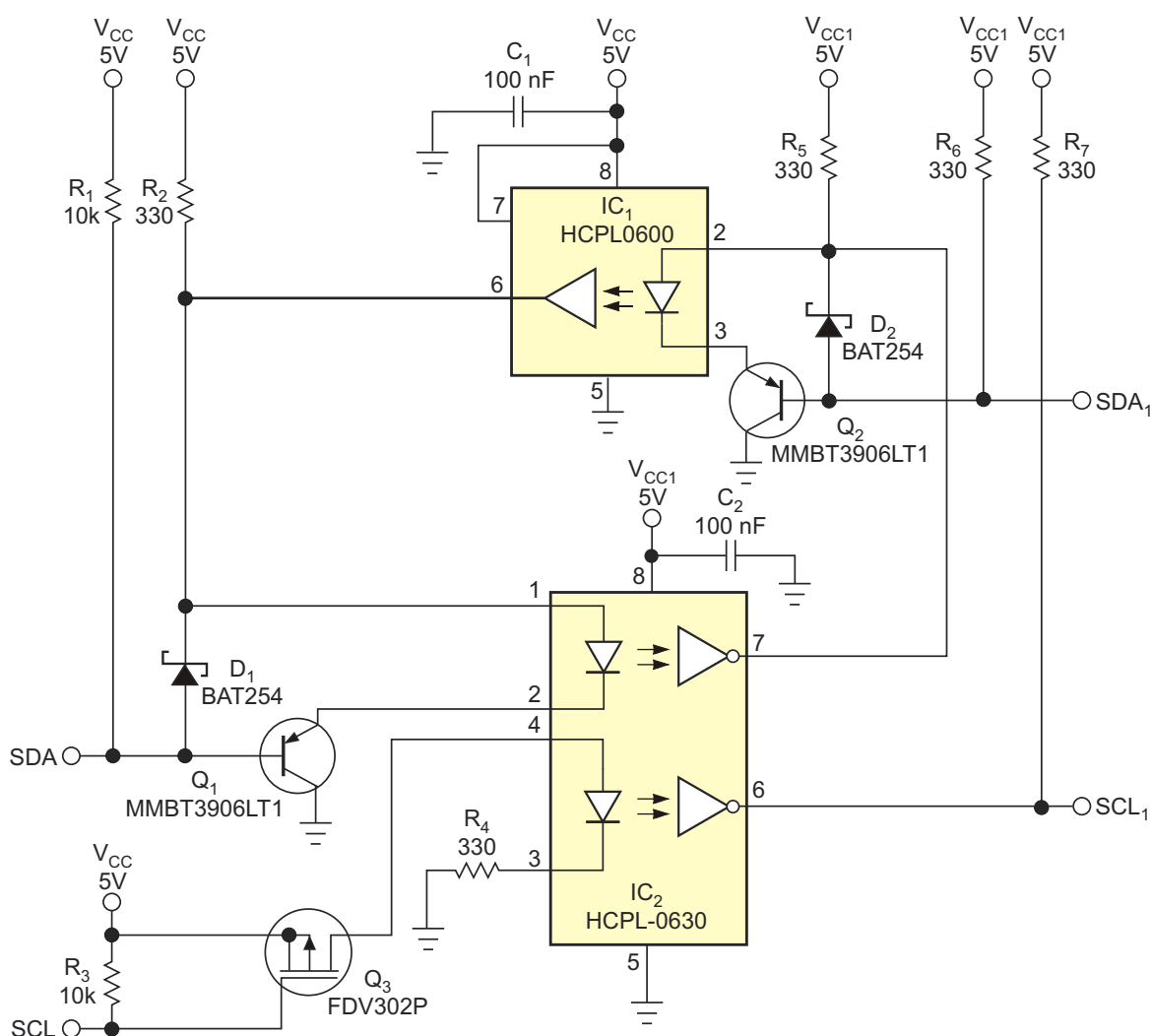


Рисунок 1. Это устройство обеспечивает изолированное двунаправленное подключение подчиненных устройств к шине интерфейса I²C по схеме монтажного «ИЛИ».

нить ее оптоизоляцией довольно просто. P-канальный MOSFET Q_3 буферизует линию синхронизации, обеспечивая ток светодиода быстрого оптоизолятора IC_2 .

Линия данных, однако, двунаправленная. Связанная с ней часть схемы симметрична. R_6 и R_7 служат подтягивающими резисторами на стороне подчиненного устройства шины I²C, а R_3 и R_1 – фиктивные подтягивающие резисторы, параллельные штатным резисторам I²C со стороны SDA/SCL. Пока уровень напряжения на обеих линиях SDA и SDA₁ высокий, то есть никакие устройства на шине I²C не проявляют активности, транзистор Q_1 закрыт, ток через светодиод оптоизолятора IC_2 не течет, уровень сигнала на выходе 7 оптрона IC_2 высокий, и светодиод оптоизолятора IC_1 также выключен.

Если устройство выставляет низкий уровень на линии SDA, транзистор Q_1 и светодиод оптоизолятора IC_2 выключаются, на выводе 7 оптрона IC_2 устанавливается низкий уровень напряжения и диод D_2 начинает проводить ток. В результате низкий уровень сигнала на линии SDA₁ будет определяться суммой небольшого выходного напряжения IC_2 и прямого напряжения диода Шоттки D_2 . Важно отметить, что в этой ситуации светодиод оптрона IC_1 не включается, поскольку приложенное к нему напряжение ниже порогового значения. Это означает, что схема не защелкивается, и может вернуться из этого состояния, как только линия SDA будет отпущена.

Q_3 и биполярный транзистор p-n-p типа Q_1 эффективно буферизуют две линии SDA/SCL, поэтому при низких уровнях сигналов на линиях в каскады подключенных к шине I²C устройств с открытыми коллекторами и открытыми стоками не попадают никакие дополнительные токи. Эта конфигурация позволяет подключать к изолированному интерфейсу несколько устройств по схеме монтажного «ИЛИ». Использование в качестве D_1 и D_2 диодов с барьером Шоттки вместо обычных диодов уменьшает низкий уровень напряжения на шине, увеличивая запас помехоустойчивости схемы. И, наконец, благодаря низким временам задержки распространения сигналов устройств семейства HCPL06XX, используемых в этой схеме, шина не подвержена сбоям и хорошо работает до частот 400 кГц и выше [2]. **РЛ**

Ссылки

1. Nguyen, Minh-Tam, and Martin Baumbach, "[Two-wire interface has galvanic isolation](#)," EDN, Nov 11, 1999, pg 174.
2. Blozis, Steve, "[Opto-electrical isolation of the I2C-Bus](#)," Embedded Systems Design, Oct 14, 2004.

Материалы по теме

1. [Datasheet Nexperia BAT254](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor FDV302P](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor HCPL0600](#)
4. [Datasheet Broadcom HCPL-0630](#)

Логарифмический усилитель на микросхеме таймера 556

Jayashree Raghuraman

EDN

Принцип работы оригинальной схемы логарифмического усилителя на Рисунке 1 основан на экспоненциальной характеристике заряда простой RC-цепи. Время T , необходимое конденсатору C , чтобы через резистор R зарядиться от 0 В до напряжения $(V_{IN}-V_K)$ при приложенном напряжении V_{IN} , можно найти с помощью формулы

$$V_{IN} - V_K = V_{IN} \cdot 1 - e^{-\frac{T}{RC}},$$

где V_K – фиксированное напряжение. Из выражения для T

$$T = RC \ln \frac{V_{IN}}{V_K}$$

ясно видна логарифмическая зависимость от входного напряжения. Эта зависимость демонстрируется схемой на Рисунке 1, основанной на микросхеме сдвоенного таймера 556. При использовании компонентов с номина-

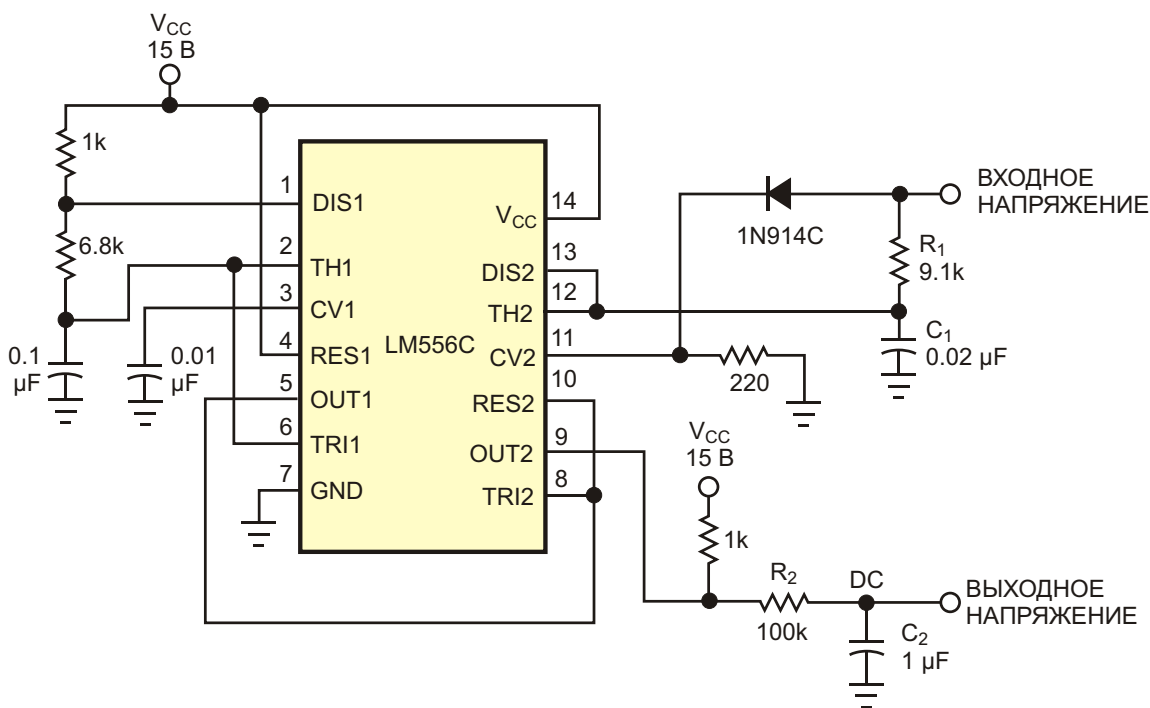


Рисунок 1. Логарифмическая зависимость выходного напряжения этой простой схемы на таймере 556 определяется характеристикой заряда RC-цепи.

Таблица 1. Зависимость выходного напряжения от напряжения на входе

Входное напряжение	Выходное напряжение	Входное напряжение	Выходное напряжение
2.5	3.324	8	5.782
3	3.667	8.5	5.861
3.5	3.954	9	5.886
4	4.227	9.5	5.945
4.5	4.506	10	6.098
5	4.705	10.5	6.187
5.5	4.956	11	6.204
6	5.151	11.5	6.312
6.5	5.315	12	6.371
7	5.444	12.5	6.378
7.5	5.615	13	6.476

лами, указанными на схеме, первый каскад, сконфигурированный автоколебательным мультивибратором, работает на частоте порядка 1 кГц. Выход этого каскада служит запускающей схемой для следующего каскада. Второй каскад представляет собой модифицированную схему ждущего мультивибратора. Отличие от классического мультивибратора на таймере заключается в том, что времязадающая цепочка RC, образованная элементами R_1 и C_1 , заряжается от входного напряжения V_{IN} , а не от напряжения питания V_{CC} . Управляющее напряжение на выводе CV2 равно входному напряжению V_{IN} за вычетом прямого падения на диоде (V_K).

Ширина T импульсов ждущего мультивибратора здесь зависит от времени, необходимого конденсатору C_1 для того, чтобы при приложенном напряжении V_{IN} зарядиться через резистор R_1 до напряжения $V_{IN}-V_K$. Выходное напряжение второго каскада, отфильтрованное элементами R_2 и C_2 , зависит от частоты колебаний первого мультивибрато-

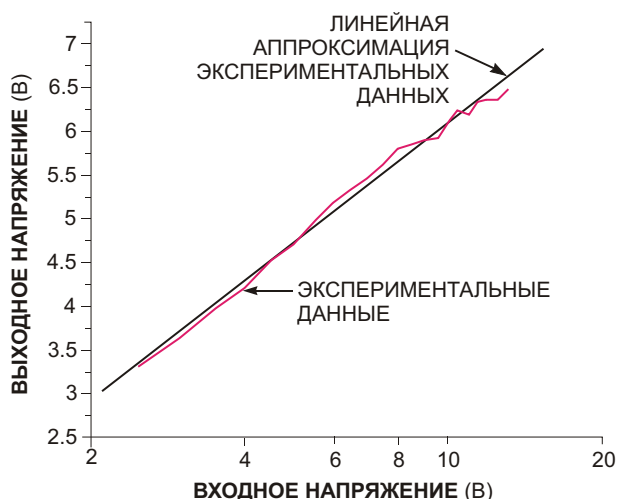


Рисунок 2. Выходной сигнал схемы на Рисунке 1 имеет отчетливую логарифмическую зависимость от входного напряжения.

ра, напряжения питания V_{CC} и длительности импульса T ждущего мультивибратора. Поскольку напряжение питания V_{CC} и частота импульсов автоколебательного мультивибратора постоянны, напряжение V_{OUT} пропорционально T. Полученные в результате эксперимента данные сведены в Таблицу 1, а на Рисунке 2 они представлены в графической форме. Диапазон входных напряжений схемы ограничен интервалом 2.5...13 В, что обусловлено спецификой внутренних цепей смещения второго каскада микросхемы 556. Падение напряжения V_K на диоде не является строго постоянным, так как зависит от тока. Несмотря на эти ограничения, Таблица 1 и Рисунок 2 ясно показывают отчетливую логарифмическую характеристику. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM556](#)

Простая схема заменяет механический выключатель

Santosh Bhandarkar

EDN

Простая и недорогая электронная схема с дешевой тактовой кнопкой может управлять включением и выключением питания нагрузки. Схема заменяет более дорогой и крупный механический выключатель с фиксацией.

Кнопка запускает ждущий мультивибратор. Выход мультивибратора переключает счетный триггер, логический уровень выхода которого, меняясь после каждого нажатия кнопки, коммутирует питание нагрузки.

Возможны несколько различных вариантов реализации этой схемы. Вариант, в котором использованы два J-K триггера IC₁ и IC₂ одной микросхемы CD4027B показан на Рисунке 1. Обратная связь, идущая от

RC-цепочки, подключенной к выходу IC₁, к входу сброса превращает этот триггер в ждущий мультивибратор. Вход J микросхемы IC₁ подключен к шине питания, а вход K – к земле, поэтому по переднему фронту тактового импульса на ее выходе устанавливается «лог. 1». Тактовая кнопка включается между тактовым входом микросхемы IC₁ и землей. Точно также кнопку можно включить между тактовым входом и положительной шиной питания V_{DD}. Подключение выводов J и K к высокому уровню превращает IC₂ в счетный триггер. Микросхема IC₂ переключается передним фронтом выходного сигнала IC₁.

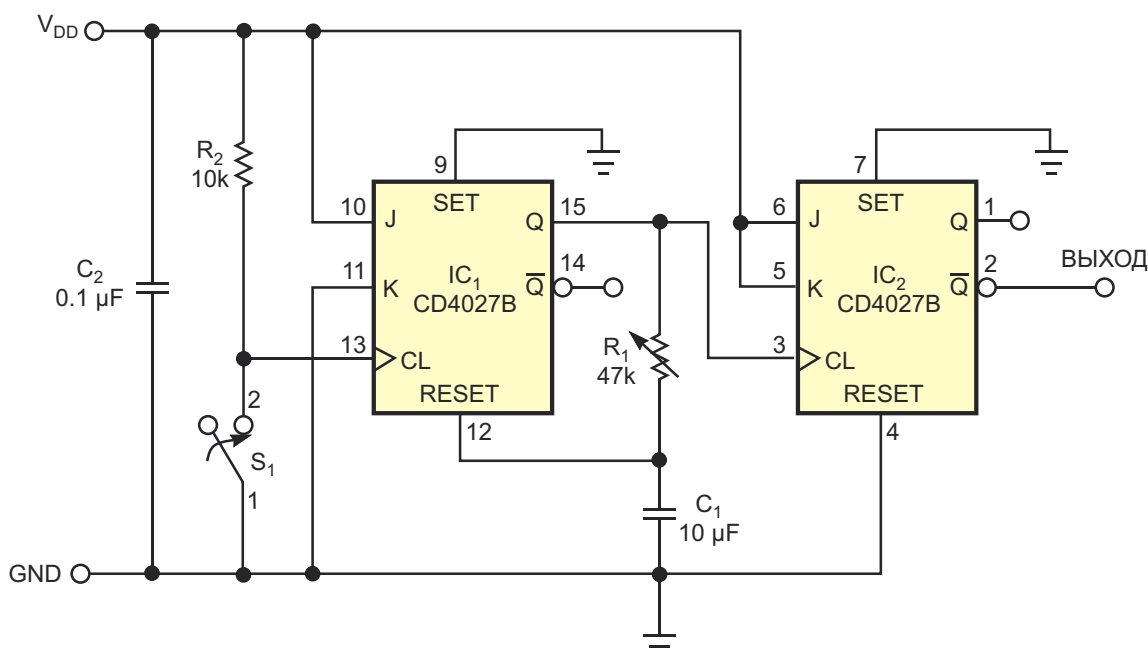


Рисунок 1. Пара триггеров, включенных ждущим мультивибратором и счетным триггером, образует простой и недорогой бездребезговый выключатель.

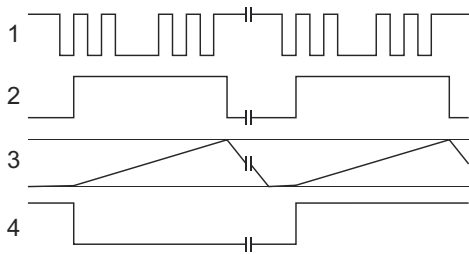


Рисунок 2. На этой диаграмме:

- 1 – сигнал на тактовом входе IC_1 ,
- 2 – выход IC_1 ,
- 3 – напряжение на конденсаторе C_1 ,
- 4 – выход IC_2 .

Понять работу схему можно, посмотрев на временные диаграммы в ее разных точках, изображенные на Рисунке 2. При нажатии кнопки на тактовый вход IC_1 начинают поступать импульсы дребезга, передний фронт первого из которых устанавливает на выходе высокий уровень. Конденсатор C_1 начинает заряжаться через резистор R_1 до уровня «лог. 1». В тот же момент нарастающий фронт импульса, пришедшего на тактовый

вход счетного триггера IC_2 , переключает состояние его выхода. Когда напряжение на конденсаторе C_1 достигает порога входа RESET микросхемы IC_1 , триггер сбрасывается, и уровень выходного сигнала становится низким. После этого C_1 разряжается через R_1 до уровня «лог. 0». Скорости заряда и разряда C_1 одинаковы. Длительность выходного импульса мультивибратора должна превышать время нажатия на кнопку и продолжительность дребезга. Регулировкой подстроечного резистора R_1 эту длительность можно изменять в соответствии с типом используемой кнопки. Комплементарные выходы IC_2 можно использовать для управления транзисторными силовыми ключами, реле или выводами включения импульсных регуляторов. Схема работает при напряжении от 3 В до 15 В и может управлять питанием аналоговых и цифровых устройств. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4027B](#)

Оригинальный преобразователь -48 В в напряжение $+10\text{ В}$ на коммутируемых конденсаторах

Wallace Ly

EDN

При выборе компонентов для своего приложения разработчики систем почти всегда сталкиваются с необходимостью компромисса. Обычно компромисс связан с техническими характеристиками, ценой и выполняемыми функциями. Примером может служить задача питания схем от источника питания

телекоммуникационного оборудования. В телекоммуникационных устройствах почти всегда используются высокопотенциальные отрицательные шины питания, такие как -48 В . Как правило, цифровые схемы в таких приложениях питаются от стандартных модульных (блочных) источников. Однако

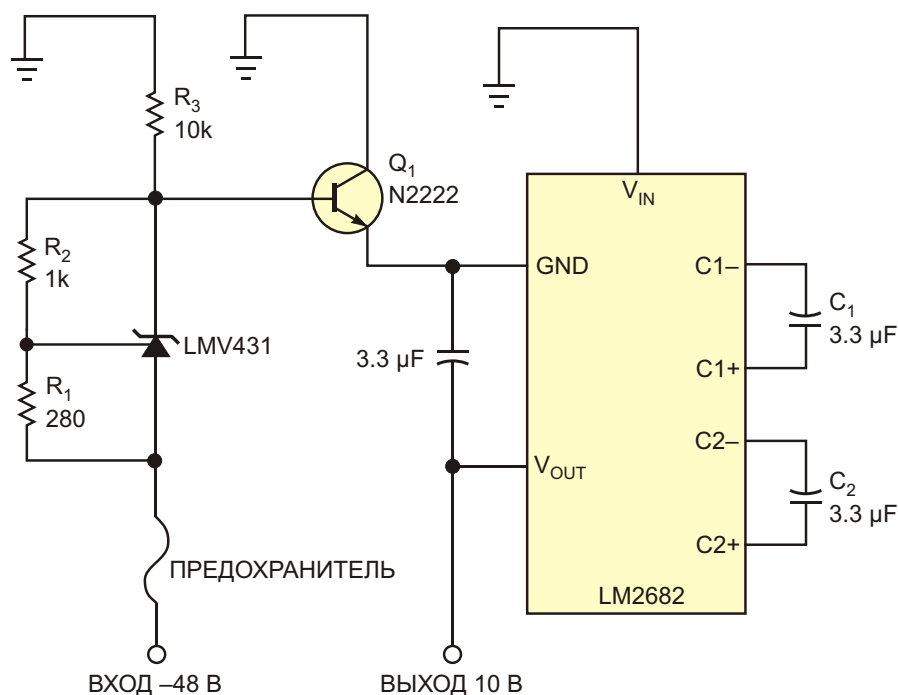


Рисунок 1. Напряжение -48 В шины питания телекоммуникационного оборудования эта простая схема преобразует в $+10\text{ В}$.

аналоговые цепи очень редко потребляют такую мощность, которая оправдывала бы применение дорогих блоков. В основе этих блоков лежит ничто иное, как специализированный импульсный преобразователь в тандеме с изолированной катушкой обратного трансформатора. Но в некоторых приложениях использование решений, основанных на катушках, либо не требуется, либо недопустимо. Способ решения этой проблемы показан на Рисунке 1. Схема может обеспечивать небольшой мощностью аналоговые и цифровые цепи, такие например, как операционный усилитель для DSL-модемов LMH6672.

Источник опорного напряжения LMV431 вместе с резисторами делителя устанавливает выходное напряжение, равное примерно

$$1 \frac{1 \text{ кОм}}{280 \text{ Ом}} \quad 1.24 \text{ В} \quad 5.7 \text{ В}.$$

Далее это напряжение поступает на базу транзистора Q1 типа 2N2222. На базе тран-

зистора падает примерно 0.7 В, поэтому результирующее напряжение для следующего каскада составляет -5 В. Этот транзистор обеспечивает дополнительным током преобразователь на коммутируемых конденсаторах LM2682. Обратите внимание, что опорным уровнем земли преобразователя является напряжение -5 В. Конденсаторы небольшой емкости C1 и C2 выполняют функции накачки заряда и инверсии, необходимые для преобразования напряжения -5 В в +10 В. Компактные корпуса LM2682 и LMV431 (MSO-8 и SOT-23-3, соответственно) позволяют собрать схему на миниатюрной печатной плате. Предложенная схема, имеющая размеры небольшого трансформатора, элегантно решает задачу питания маломощных цепей от высоковольтного источника отрицательного напряжения. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM2682](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LMH6672](#)
3. [Datasheet Texas Instruments LMV431](#)

Простой пороговый выключатель для светодиодного индикатора

Robert H. Russell

Electronic Design

Мне потребовался простой светодиодный индикатор, который показывал бы, что напряжение достигло определенного уровня, в частности – что конденсатор зарядился до определенного потенциала. Я был убежден, что должен существовать какой-то способ использования программируемых стабилитронов, таких как TL431, но никаких простых схем мне найти не удалось.

Моей первой мыслью было включить последовательно с катодом токоограничивающий резистор и светодиод, который зажигался бы, когда напряжение на выходе делителя контролируемого потенциала достигнет

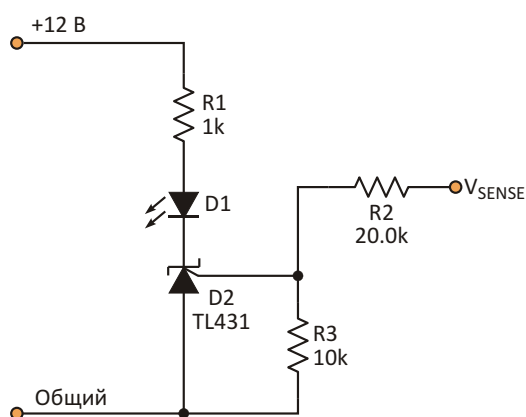


Рисунок 1. При включении последовательно токоограничивающего резистора и светодиода в катод светодиода начинает светиться раньше, чем потенциал делителя достигнет опорного напряжения TL431, в результате чего включение индикатора происходит недостаточно резко.

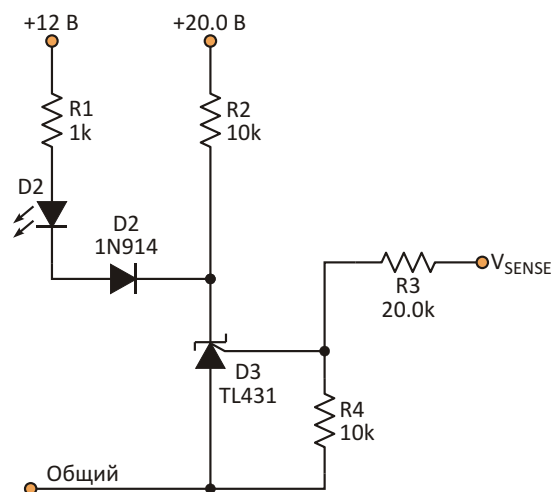


Рисунок 2. Добавив отдельный путь тока от источника с более высоким напряжением, включение светодиода можно сделать резким и четким.

опорного напряжения TL431 (Рисунок 1). Напряжение на шунтовом регуляторе упало бы и включило светодиод.

Однако светодиод начинал светиться еще до того, как потенциал делителя достигал опорного напряжения, что происходило из-за небольшого начального тока, потребляемого микросхемой TL431. Техническое описание подтвердило, что этот ток меньше 0.5 мА, однако его достаточно, чтобы светодиод высокой яркости засветился недопустимо сильно. Мне не понравилось, что включение индикатора не было достаточно «резким».

Я понял, что для того, чтобы точка, в которой зажигается светодиод, стала резкой и

четкой, этот ток «утечки» нужно пустить по отдельному пути от источника с более высоким напряжением (Рисунок 2).

При показанных на схеме номиналах компонентов включение D3 происходит тогда, когда на R2 падает чуть меньше 5 В. До включения диод D2 остается смещенным в обратном направлении, и ток через светодиод D1 не течет. Когда на выходе делителя устанавливается напряжение, равное опорному, то есть, примерно 2.495 В, D3 превращается в шунтовой регулятор, пропускающий через свой катод ток, который включает светодиод через диод D2. Потенциал катода TL431 упа-

дет до одного или двух вольт. TL431 способен отдавать максимальный ток 100 мА, при котором любой светодиод светится очень хорошо. TL431 включится, когда измеренный потенциал достигнет уровня

$$V_{\text{SENSE}} = V_{\text{REF}} \frac{R3}{R4},$$

который в рассматриваемом примере равен примерно 7.5 В. **РД**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments TL431](#)

Изолированный обратноходовой преобразователь с выходным напряжением 1000 В

George Qian, Michael Wu, Analog Devices

Design Note 1047

Введение

Изолированные обратноходовые преобразователи используются в автомобильных, промышленных медицинских и телекоммуникационных приложениях, источники питания которых должны быть надежными, простыми в использовании, высоковольтными и изолированными, способными обеспечивать отличное качество стабилизации во всех диапазонах нагрузок, входных напряжений и температур. Специально оптимизированная для высоковольтных приложений микросхема обратноходового преобразователя LT8304-1, не требующая оптической изоляции цепи

обратной связи, способна обеспечить выходные напряжения до 1000 В.

Традиционно для прямого измерения высокого выходного напряжения в цепи обратной связи приходится использовать громоздкий высоковольтный делитель напряжения, а также оптрон для передачи сигнала обратной связи через изолирующий барьер. Из-за того, что максимальное рабочее напряжение резисторов типоразмера 1206 равно 200 В, делитель получается очень объемным. Например, для измерения напряжения 1000 В требуется, по меньшей мере, шесть резисторов 1206, плюс небольшой резистор в нижнем плече делителя.

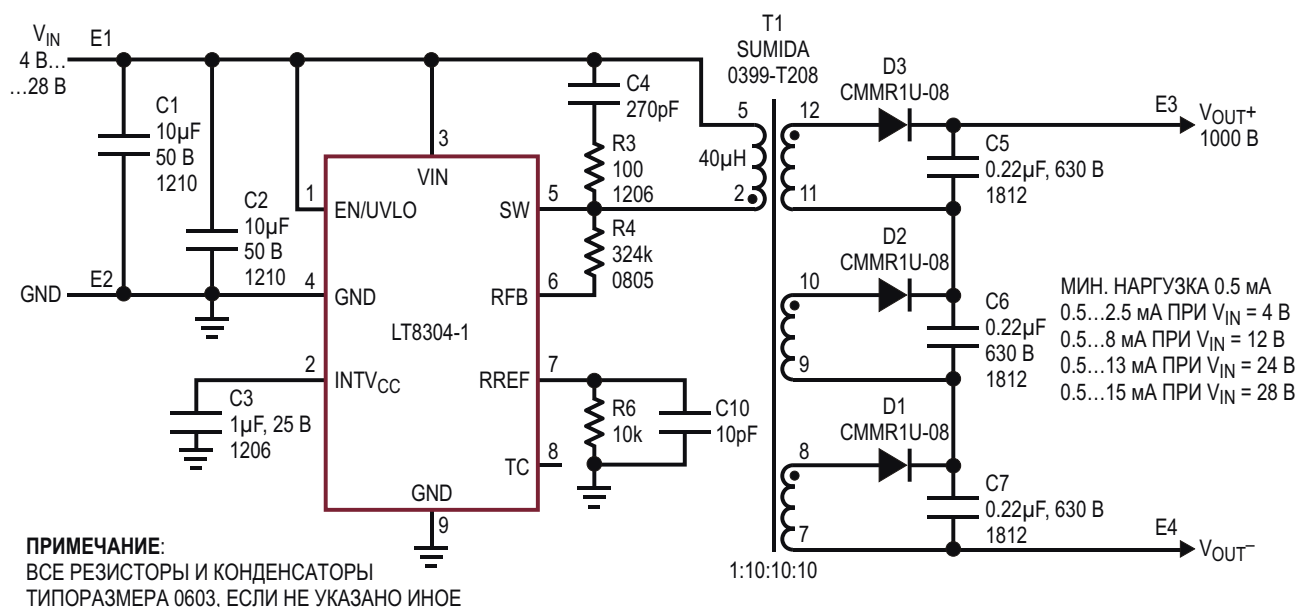


Рисунок 1. Законченный изолированный обратноходовой преобразователь входного напряжения 4...28 В в напряжение 1000 В/15 МА.

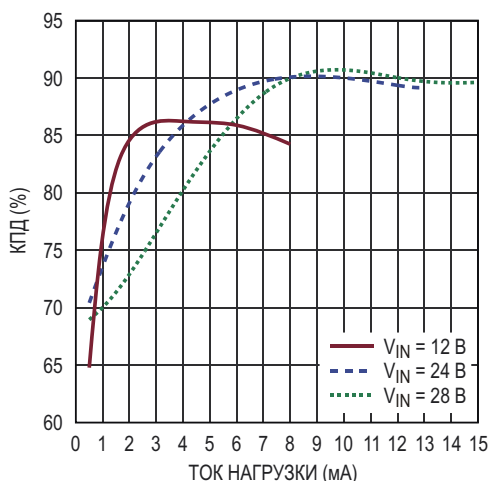


Рисунок 2. Зависимость КПД схемы на Рисунке 1 от тока нагрузки при различных входных напряжениях.

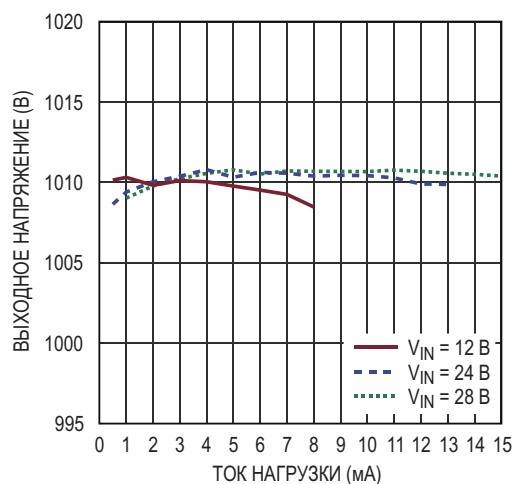


Рисунок 3. Зависимость выходного напряжения схемы на Рисунке 1 от тока нагрузки при различных входных напряжениях.

Преобразователь входного напряжения 4...28 В в напряжение 1000 В/15 мА

Отличительной особенностью микросхемы обратноходового преобразователя LT8304-1 является небольшое количество необходимых внешних компонентов. На Рисунке 1 показана законченная схема, преобразующая напряжение от 4 В до 28 В в напряжение 1000 В при максимальном токе нагрузки 15 мА. Значение допустимого выходного тока увеличивается с ростом входного напряжения, достигая 13 мА, когда входное напряжение становится больше 24 В.

Способность LT8304-1 измерять выходное напряжение с помощью сигнала, снимаемого с первичной обмотки трансформатора, делает ненужными как громоздкий делитель напряжения, так и оптическую развязку.

Подробное руководство по расчету допустимых напряжений и токов компонентов, окружающих LT8304-1, можно найти в техническом описании микросхемы. Примечательно, что в этом 1000-вольтовом решении используется трансформатор с тремя разделенными вторичными обмотками. Отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичных обмоток равно 1:10:10:10, а не 1:30, как было бы в случае одной вторичной

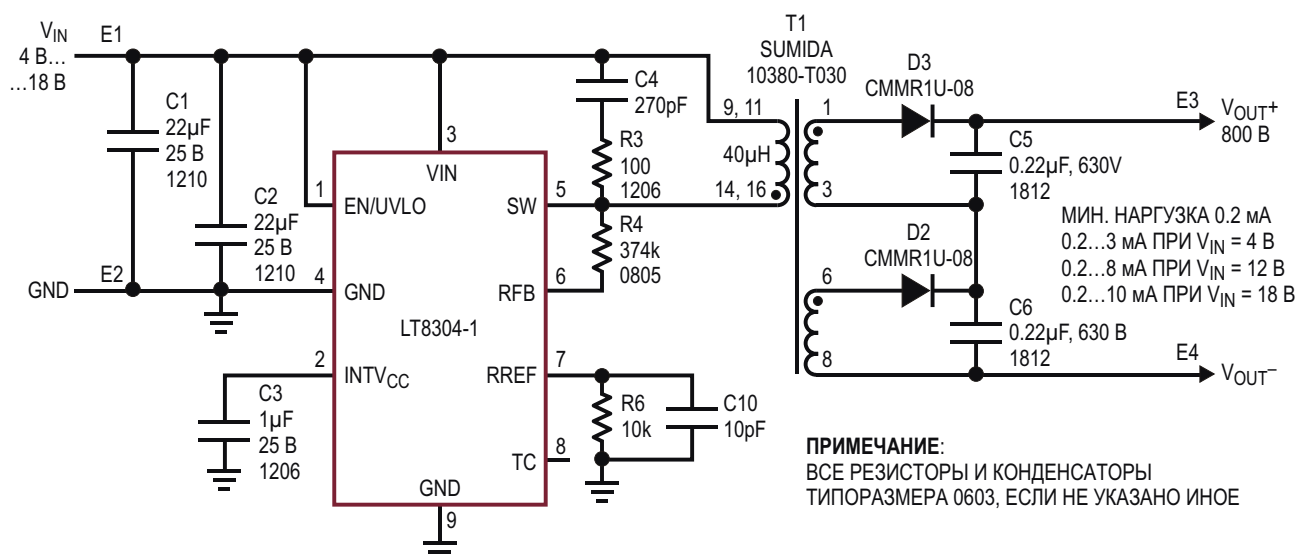


Рисунок 4. Законченный изолированный обратноходовой преобразователь входного напряжения 4...18 В в напряжение 800 В/10 мА.

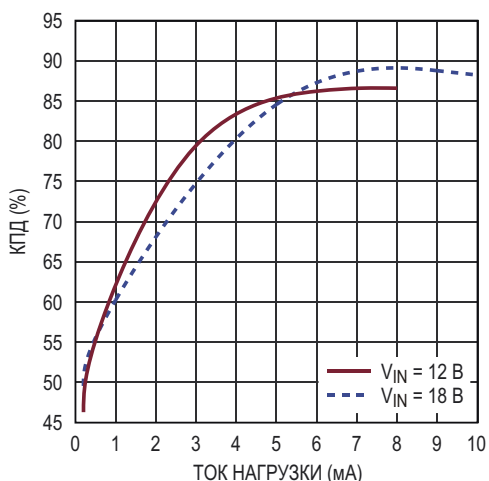


Рисунок 5. Зависимость КПД схемы на Рисунке 4 от тока нагрузки при различных входных напряжениях.

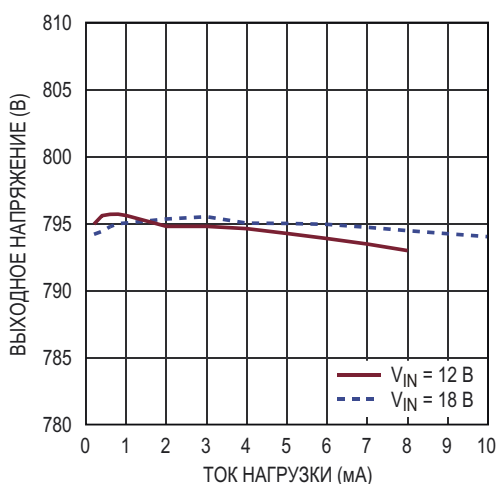


Рисунок 6. Зависимость выходного напряжения схемы на Рисунке 4 от тока нагрузки при различных входных напряжениях.

обмотки. Трансформатор 1:10:10:10 позволяет распределить высокое выходное напряжение между тремя высоковольтными выходными диодами и тремя высоковольтными конденсаторами. При этом требования к максимально допустимому напряжению отдельных компонентов снижаются втрое, давая больше возможностей для выбора выходных диодов и выходных конденсаторов.

На Рисунке 2 представлены графики зависимости КПД от тока нагрузки для различных входных напряжений. Пиковый КПД обратноходового преобразователя достигает 90.5%. Даже без оптоизолятора качество стабилизации остается хорошим при разных входных напряжениях, и, как видно из Рисунка 3, характеризуются типовыми значениями от 2% до 3%.

Преобразователь входного напряжения 4...18 В в напряжение 800 В/10 мА

Схема, преобразующая напряжение от 4 В до 18 В в напряжение 800 В при максимальном выходном токе 10 мА, представлена на Рисунке 4. Пиковый КПД этого обратноходового преобразователя достигает 88.2% при входном напряжении 18 В и токе нагрузки 10 мА. Графики зависимости КПД от тока нагрузки для различных входных напряжений изображены на Рисунке 5, а Рисунок 6 позволяет судить о высоком качестве стабилизации выходного напряжения. Для этой схемы, так же как и для первой, требуется немного компонентов.

Заключение

Простая в использовании монолитная микросхема микромощного изолированного обратноходового преобразователя LT8304-1 оптимизирована для приложений с высоким выходным напряжением. Получая информацию об изолированном выходном напряжении непосредственно из формы сигнала на первичной обмотке трансформатора, можно без использования делителей выходного напряжения или оптронов создавать законченные решения с высоким качеством стабилизации. Выходное напряжение легко программируется с помощью двух внешних резисторов и необязательного третьего резистора температурной компенсации. Граничный режим работы дает возможность, используя малогабаритные трансформаторы, обеспечивать отличную стабилизацию выходного напряжения по току нагрузки. Микросхема выпускается в 8-выводном корпусе SOIC со сниженным тепловым сопротивлением, в котором интегрированы 150-вольтовый DMOS силовой ключ с допустимым током 2 А и высоковольтная схема управления. LT8304-1 работает при входных напряжениях от 3 В до 100 В и способна отдавать в изолированную нагрузку выходную мощность до 24 Вт. [РЛ](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices LT8304-1](#)
2. [Datasheet Central Semiconductor CMMR1U-08](#)

Импульсный ограничитель тока защищает дополнительный выход от коротких замыканий

Kannan N

Electronic Design

Для питания внешних устройств или подсистем многим изделиям требуется дополнительный выход постоянного напряжения. Если такие подсистемы рассчитаны на горячее подключение, дополнительный выход должен быть защищен от коротких замыканий. Схемы, в которых используются предохранители, медленны, а падающее на предохранителях напряжение может влиять на основную систему.

Очень дешевая схема, обеспечивающая импульсное ограничение тока, показана на Рисунке 1. Схема может реагировать на кратковременные или постоянные короткие замыкания выхода. Единственный побочный эффект, создаваемый схемой на входной шине, – небольшой провал напряжения (сотни милливольт в течение сотен микросекунд). Основные элементы, использованные в устройстве – это инвертор с триггером Шмит-

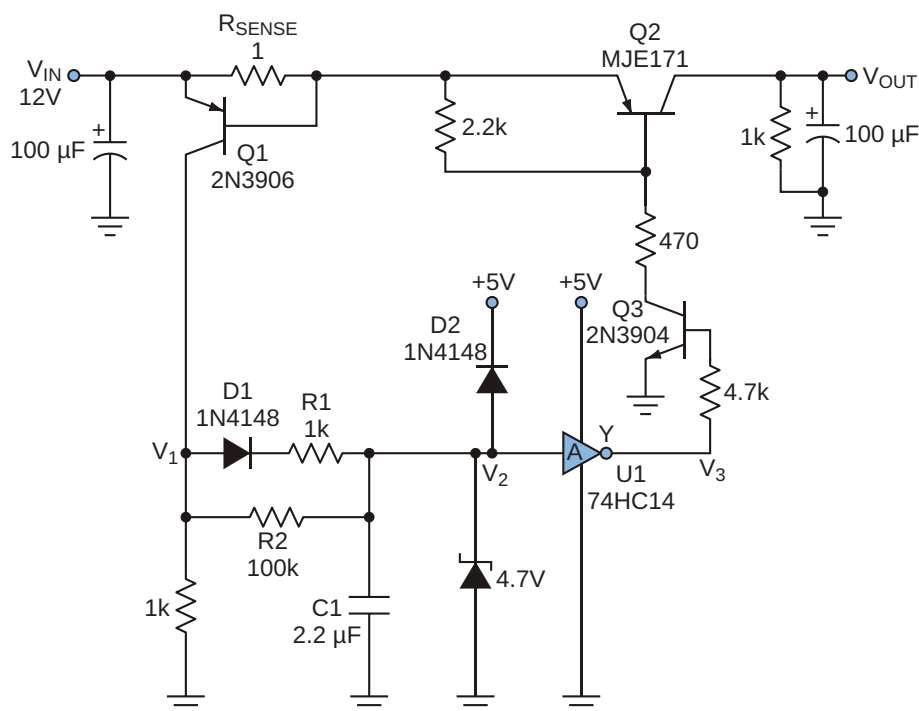


Рисунок 1. Для того, чтобы сделать этот импульсный ограничитель тока, нужно затратить менее 50 центов.

та U1 (74HC14), транзисторный ключ Q2 и токоизмерительный резистор R_{SENSE} . Напряжение питания V_{IN} этой схемы равно 12 В, а расчетный максимальный ток нагрузки – 0.6 А.

В нормальном режиме работы, когда ток нагрузки не превышает 500 мА, транзистор Q1 закрыт, напряжение в точках V_1 и V_2 равно нулю, C1 разряжен, а напряжение в узле V_3 равно 5 В. Транзисторы Q3 и Q2 включены, и выходное напряжение $V_{OUT} = 12$ В.

Если ток нагрузки превысит 0.6 А, транзистор Q1 включится, напряжение V_1 увеличится, и конденсатор C1 будет заряжаться через диод D1 с небольшой постоянной времени $C1 \times R1$. Когда напряжение V_2 превысит верхний порог переключения 74HC14, напряжение в точке V_3 упадет практически до нуля, транзистор Q3 закроется и выключит Q2, в результате чего протекание тока через нагрузку прекратится. Вслед за ним выключится транзистор Q1, напряжение в узле V_1 станет низким, и конденсатор C1 начнет заряжаться с большой постоянной времени, равной $C1 \times R2$. По истечении промежутка времени, зависящего от C1 и R2, напряжение в узле V_2 станет низким, в узле V_3 – высоким, и проходной транзистор Q2 откроется.

В случае продолжительного замыкания выхода этот процесс периодического импульсного включения и выключения продолжится. При больших токах нагрузки возникнут проблемы, связанные с большой мощностью, рассеиваемой на резисторе R_{SENSE} . В

связи с этим Q1 можно заменить монитором тока верхнего плеча (таким, например, как ZXCT1021) и внести соответствующие изменения в схему. D2 выполняет защитную функцию, разряжая конденсатор C1 при выключении питания. Транзистор Q2 должен выдерживать достаточный ток (желательно от 4 до 5 А). Разработчики также должны не забывать о разбросе пороговых напряжений триггера Шмитта. Для снижения прямого падения напряжения Q2 можно заменить р-канальным MOSFET. При более высоких напряжениях (например, 24 В) необходимо обеспечить защиту промежутка затвор-исток MOSFET: это напряжение не должно превышать пробивного напряжения стабилитрона.

Когда выход был закорочен резистором 1 Ом, напряжение в точке V_2 начало изменяться по пилообразному закону между пиковыми значениями 2 В и 3.2 В с временем нарастания 500 мкс и временем спада 1 с. Амплитуда импульса выходного тока была равна примерно 1.5 А при длительности 500 мкс, а провал входного напряжения составлял 0.2 В в течение тех же 500 мкс. Чтобы сократить длительность импульса тока короткого замыкания, емкость конденсатора C1 можно уменьшить (скажем, до 0.47 мкФ). **РД**

Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor MJE171](#)
2. [Datasheet Texas Instruments 74HC14](#)
3. [Datasheet Diodes ZXCT1021](#)



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)



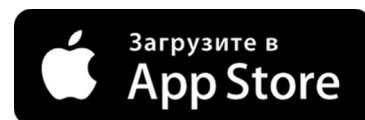
ANDROID »
GOOGLE PLAY



<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.