

ЖУРНАЛ ДЛЯ ТЕХ, КТО ИНТЕРЕСУЕТСЯ ЭЛЕКТРОНИКОЙ

WWW.RLOCSMAN.RU



App Store

Google play

РАДИОЛОЦМАН

ЯНВАРЬ 2019 (92)

Чем отличается
понижающий преобразователь
от повышающего? 26

DSO и DPO:
в чем отличие? 42

53 Сбор энергии
для питания
удаленных датчиков

В Роттердаме
установят прототип
12-мегаваттной
ветряной турбины 23





РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

www.rlocman.ru/magazine

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

РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

www.rlocman.ru/forum

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!
Приглашаем профессионалов.

РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

www.rlocman.ru/price

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

РАДИОЛОЦМАН.СОЦ.СЕТИ

Обновления в привычном формате.



vk.com/rlocman



facebook.com/rlocman



ok.ru/rlocman



twitter.com/rlocman

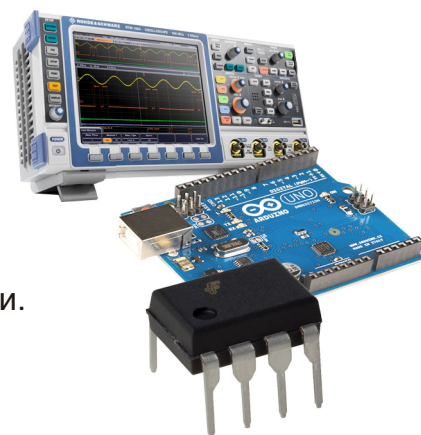


google.com/+RlocmanRuPlus

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером
работали:

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

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (903) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 Texas Instruments выпускает самые миниатюрные в отрасли высокоинтегрированные преобразователи данных
- 5 AKM разработала ультрамалошумящий датчик тока для аудиосистем
- 6 Allegro MicroSystems анонсировала новый драйвер MOSFET для автомобильных приложений управления бесщеточными двигателями
- 7 Новый низковольтный приемопередатчик STMicroelectronics повышает гибкость проектирования приложений RS-485
- 8 Torex выпускает на рынок самые миниатюрные в своем классе микромодули понижающих DC/DC преобразователей
- 9 Inova Semiconductors начала поставки первых последовательно-параллельных преобразователей нового поколения APIX3
- 10 Crocus Technology представляет лучший в отрасли TMR датчик углового положения
- 11 Diodes анонсировала понижающие DC/DC преобразователи с лучшим в своем классе подавлением излучаемых помех
- 12 Инновационное решение Infineon объединяет IGBT со схемами управления и защиты
- 13 Alpha and Omega Semiconductor расширила семейство EZBuck сильноточными DC/DC регуляторами
- 14 CUI выпускает полную линейку цифровых и аналоговых МЭМС микрофонов
- 15 Maxim представляет первый в отрасли интегрированный модуль биосенсора для измерения ФПГ и ЭКГ
- 16 NVE представляет первый в мире интеллектуальный TMR датчик углового положения
- 17 Контроллер адаптивной антенны STMicroelectronics позволит улучшить характеристики смартфонов
- 18 FDK начала поставки сверхминиатюрных твердотельных батарей с самой высокой в мире плотностью мощности
- 19 Toshiba анонсирует новую микросхему моста Ethernet для автомобильных и промышленных приложений
- 19 Новейшая микросхема управления питанием компании Maxim оптимизирована для точных оптических измерений
- 21 Создан прототип первого в мире персонального помощника, звук которого слышен только вам
- 21 Мощный радиочастотный транзистор Ampleon будет использоваться в промышленных и профессиональных приложениях
- 22 Vishay представила 600-вольтный MOSFET с лучшим в отрасли показателем качества
- 23 В Роттердаме установят прототип 12-мегаваттной ветряной турбины
- 24 Allegro MicroSystems анонсировала новое семейство бесшумных драйверов BLDC, не требующих написания программного кода

Статьи

- 26 Чем отличается понижающий преобразователь от повышающего? Часть 1
- 32 VirtualLink: виртуальная реальность через USB
- 34 Развитие навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. Глобальные и региональные навигационные спутниковые системы. Часть 1
- 37 Новая архитектура инструментального усилителя с полностью дифференциальным выходом
- 42 DSO и DPO: в чем отличие?
- 44 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. 7 января 1927 года заработала первая трансатлантическая линия телефонной связи

Схемы

- 46 Индикатор и реле отключения или обрыва нагрузки
- 50 Мощный двухканальный монолитный понижающий преобразователь с током потребления 6.2 мА
- 53 Сбор энергии для питания удаленных датчиков
- 56 Дешевый умножитель для измерителя мощности
- 58 Регуляторы на основе 40-вольтного микромодуля Silent Switcher для автомобильных и промышленных приложений
- 62 Грубая и точная настройка с помощью недорогого двоянного цифрового потенциометра
- 64 Драйвер белого светодиода работает от батареи 1.5 В
- 66 Программируемый резистор на основе умножающего ЦАП
- 68 Логарифмический усилитель с динамическим диапазоном шесть декад

Texas Instruments выпускает самые миниатюрные в отрасли высокоинтегрированные преобразователи данных

Новые прецизионные АЦП и ЦАП сокращают общие размеры систем в промышленных, коммуникационных и персональных электронных приложениях

Texas Instruments (TI) представила четыре миниатюрных высокоточных преобразователя данных с наименьшими размерами в своем классе приборов. Новые приборы позволяют разработчикам добавить в свои проекты больше интеллекта и функциональности, сократив при этом площадь, занимаемую системой на плате. Высокоточные восьмиканальные цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) DAC80508 и DAC70508 имеют разрешение 16 и 14 бит, соответственно. Прецизионные 24-битные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) ADS122C04 и ADS122U04 имеют двухпроводные интерфейсы, совместимые с I²C и UART, соответственно.



Новые устройства дополнили семейство прецизионных АЦП и ЦАП, оптимизированных для различных компактных, высокоэффективных или чувствительных к стоимости промышленных, коммуникационных и персональных электронных приложений. Примерами могут служить оптические модули, полевые передатчики, системы с батарейным питанием, средства автоматизации зданий и носимые устройства.

Преимущества ЦАП DAC80508 и DAC70508

- **Уменьшают размеры системы:**

Оба ЦАП содержат встроенный источник опорного напряжения 2.5 В с температурным коэффициентом 5 ppm/°C, устраняющий необходимость во внешнем прецизионном источнике. Микросхемы, поставляемые в корпусах с размерами кристалла

DSBGA или WCSP размером 2.4 мм × 2.4 мм и в 16-выводных корпусах QFN размером 3 мм × 3 мм, позволяют сэкономить до 36% площади печатной платы по сравнению с аналогичными приборами конкурентов. Новые ЦАП решают типичную проблему компромисса между высоким уровнем технических характеристик и малыми размерами, позволяя разработчикам добиваться наилучшей точности системы при одновременном снижении размеров платы или увеличении числа каналов.

- **Увеличивают точность и повышают надежность системы:**

Компактные преобразователи DAC80508 и DAC70508 обеспечивают истинную интегральную нелинейность в 1 младший значащий бит, позволяя достичь наивысшей точности, возможной при разрешении 16 и 14 бит, и до 66% превзойти уровни линейности изделий конкурентов. Все характеристики приборов гарантируются в расширенном диапазоне температур от -40 °C до +125 °C. Для повышения надежности системы устройства поддерживают функцию циклического контроля избыточным кодом.

Преимущества АЦП ADS122C04 и ADS122U04

- **Минимизируют размеры печатной платы:**

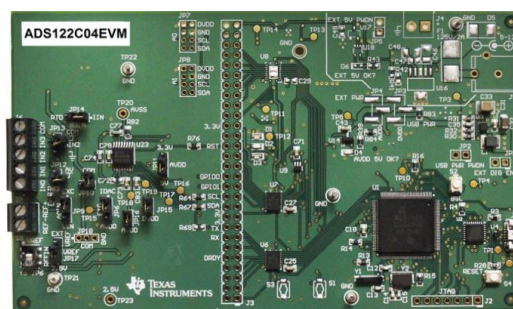
Миниатюрные 24-битные прецизионные АЦП поставляются в 16-выводных сверхтонких корпусах QFN размером 3 мм × 3 мм, а также в 16-выводных корпусах TSSOP размером 5 мм × 4.4 мм. Двухпроводному интерфейсу требуется меньше изолированных цифровых каналов, чем стандартному интерфейсу SPI, что снижает общую стоимость изолированной системы. Благодаря интеграции гибкого входного мультимплексора, малошумящего усилителя с программируемым усилением, двух программируемых источников тока возбуждения, генератора и высокоточного датчика температуры, эти прецизионные АЦП не нуждаются во внешних цепях.

• **Повышают технические характеристики:**

Оба прибора содержат встроенный источник опорного напряжения 2.048 В с низким температурным дрейфом 5-ppm/°C. Встроенные в них генераторы с двухпроцентной стабильностью помогают проектировщикам улучшать подавление пульсаций шины питания, обеспечивая более высокую точность в условиях повышенного уровня шумов. Благодаря усилению, программируемому от 1 до 128, и низкому уровню шумов, составляющему всего 100 нВ, разработчики с помощью одного АЦП могут измерять как слабые сигналы датчиков, так и сигналы большого уровня. Эти семейства приборов, включающие также совместимые по выводам 16-битные версии, предоставляют проектировщикам гибкость для удовлетворения различных системных требований путем повышения или понижения характеристик.

Инструменты и средства и поддержки разработчика

- Для изучения возможностей новых преобразователей данных разработаны оценочные модули DAC80508, ADS122C04 и ADS122U04, любой из которых можно за \$99.00 приобрести в онлайн магазине TI и у официальных дистрибьюторов компании.
- Инженеры могут начать работу над своими проектами, воспользовавшись ЦАП DAC80508 с базовым проектом для приложений с лазерными диодами, требующих прецизионного контроля тока, а также базовыми проектами с АЦП ADS122C04 и ADS122U04 для высокоточных измерений температуры в типовых проектах термодатчика и холодомера.
- Загрузив IBIS-спецификации входных и выходных буферов микросхем DACx0508, ADS122C04 и ADS122U04, конструкторы могут смоделировать работу преобразо-



Оценочный модуль ADS122C04.

вателей данных, чтобы спрогнозировать их поведение в создаваемой системе.

Корпуса, доступность и цены

Цены и корпуса, в которых поставляются новые миниатюрные ЦАП и АЦП, приведены ниже в таблице. DAC80508, DAC70508, ADS122C04 и ADS122U04 выпускаются серийно и могут быть приобретены на складе TI или у официальных дистрибьюторов компании.

Прибор	Корпус	Цена в партии из 1000 шт.
DAC80508	DSBGA-16 (2.4 мм × 2.4 мм) WQFN-16 (3 мм × 3 мм)	От \$9.99
DAC70508	DSBGA-16 (2.4 мм × 2.4 мм) WQFN-16 (3 мм × 3 мм)	От \$8.99
ADS122C04	WQFN-16 (3 мм × 3 мм) TSSOP-16 (5 мм × 4.4 мм)	От \$3.95
ADS122U04	WQFN-16 (3 мм × 3 мм) TSSOP-16 (5 мм × 4.4 мм)	От \$3.95

Помимо перечисленных приборов, ассортимент выпускаемых TI миниатюрных преобразователей данных включает в себя одноканальный ЦАП DAC80501, четырехканальный DAC80504 и 12-битный DAC60508, которые позволяют разработчикам легко масштабировать характеристики вверх или вниз, в соответствии с требованиями конкретной системы. Кроме того, для бюджетных приложений компания предлагает 12-битный четырехканальный АЦП TLA2024 и 10-битный восьмиканальный ЦАП DAC53608.

АКМ разработала ультрамалощумящий датчик тока для аудиосистем

Компания АКМ разработала ультрамалощумящие датчики тока на основе чувствительных элементов без сердечников, предназначенные для улучшения качества звуча-

ния крупных динамиков, таких как сабвуферы. Датчики серии АК310х наилучшим образом подходят для систем, которые управляют движением звуковой катушки в динамиках с



anticipate the current flow

Currentier™

помощью электромеханической обратной связи. Сертификация приборов по стандартам безопасности UL позволяет использовать их также для управления промышленными электродвигателями.



Основные особенности датчиков

• Ультранизкие шумы:

В то время как для обычных датчиков тока характерен большой шум, в приборах

серии АК310х за счет объединения микросхемы обработки сигналов со сверхчувствительным элементом Холла выходные шумы снижены до крайне низких, лучших в мире значений – 108 дБм/ Гц.

• Сверхнизкий импеданс:

Благодаря очень низкому сопротивлению первичного проводника (1.6 мОм), датчики серии АК310х практически не оказывают влияния на коэффициент демпфирования динамика. Эти приборы хорошо подходят для систем с механической обратной связью.

• Сверхминиатюрный корпус, отвечающий стандартам безопасности:

Все устройства выпускаются в миниатюрных корпусах с размерами 7.6 мм × 7.9 мм × 1.15 мм и не содержат магнитных сердечников. Приборы сертифицированы на соответствие требованиям стандарта IEC/UL60950 и готовятся к сертификации по стандарту IEC/UL1577, что позволяет использовать их в различных промышленных приложениях, таких, например, как двигатели переменного тока и инверторы общего назначения.

Основные характеристики датчиков серии АК310х

Прибор	Линейный диапазон чувствительности (А)	Чувствительность (мВ/А)	Выходной шум (дБм/ Гц)	Время отклика (мкс)
АК3101	±10.7	195	102	2
АК3102	±21	100	108	2
АК3103	±35	60	108	2
АК310Н	±42	50	108	2

Allegro MicroSystems анонсировала новый драйвер MOSFET для автомобильных приложений управления бесщеточными двигателями

Законченное аналоговое решение для систем, использующих внешние микропроцессоры

Новейший драйвер N-канальных мощных MOSFET AMT49105, выпущенный компанией Allegro MicroSystems, полностью отвечает требованиям стандарта функциональной безопасности электроники транспортных средств ISO-26262. Благодаря интеграции всех необходимых силовых аналоговых цепей, AMT49105 упрощает разработку сис-



тем управления двигателями и сокращает необходимую площадь печатной платы.

Надежные выходные драйверы затворов позволяют использовать устройство в широком диапазоне приложений, включая силовые устройства мощностью свыше 1 кВт. Кроме того, AMT49105 содержит приемопередатчик LIN, стабилизированный источник питания внешнего микроконтроллера, индикаторы фаз для управления бесщеточными двигателями постоянного тока и другие уникальные функции, поддерживающие снижение общего энергопотребления, необходимое в современных эффективных транспортных средствах.

AMT49105 отлично подходит для мощных индуктивных нагрузок в автомобильных и промышленных приложениях, таких как вен-

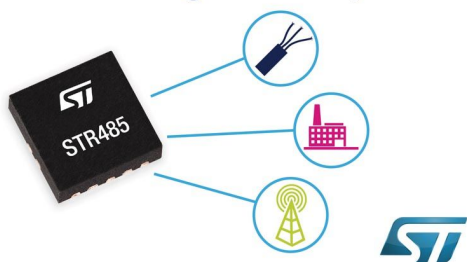
тиляторы охлаждения двигателя, тормозные системы и многосекционные насосы, напряжение питания которых может находиться в диапазоне от 5.5 В до 50 В. Усовершенствованные средства диагностики отслеживают и отображают неисправности системы, а также неисправности внутренних цепей и силовых мостов, обеспечивая безопасность работы устройств. AMT49105 отвечает требованиям уровня ASIL B стандарта ISO-26262.

Микросхемы AMT49105 поставляются в 48-контактном корпусе QFN с вскрытым теплоотводящим основанием, площадь которого примерно на 40% меньше, чем у эквивалентных приборов в корпусах QFP. Корпус не содержит свинца, его выводная рамка покрыта 100% матовым оловом. В партиях из 1000 приборов одна микросхема стоит \$3.23.

Новый низковольтный приемопередатчик STMicroelectronics повышает гибкость проектирования приложений RS-485

Выпущенный STMicroelectronics новый приемопередатчик STR485LV для 3.3-вольтовых приложений интерфейса RS-485 повышает гибкость проектирования систем, благодаря наличию внешнего входа выбора скорости передачи 20 Мбит/с или 250 кбит/с и возможности прямого подключения низковольтных логических элементов с напряжением питания от 1.8 В.

RS485-networking transceiver
enhances design flexibility



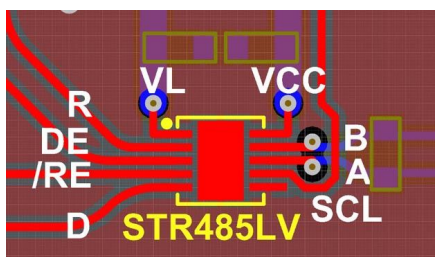
Выбор скорости передачи данных сокращает номенклатуру складских запасов, позволяя разработчикам приложений RS-485, в зависимости от характеристик кабеля, использовать одну микросхему в различных устройствах – от коротких высокоскоростных сетей до каналов связи с максимальной длиной 1200 м. Прибор идеально подходит для широкого спектра приложений, включая телеком-

муникационную инфраструктуру, высокоскоростные каналы передачи данных или линии обмена низковольтных микроконтроллеров.

С новыми приборами разработчики получают возможность прямого подключения низковольтных логических устройств с напряжением от 1.8 В до 3.3 В без необходимости в трансляторах уровня, используя напряжение питания 1.65 В ... 3.6 В и для сигналов данных, и для сигналов разрешения.

Поддерживая выходное сопротивление внутреннего драйвера выше 96 Ом при температуре до 105 °C, STR485, в соответствии со спецификацией стандарта RS-485, позволяет подключать к одной шине до 256 приемопередатчиков.

Богатый набор функций обеспечения безопасности и надежности включает в себя защитное отключение при перегреве для предотвращения конфликтов на шине или сбоев, вызывающих чрезмерное потребление энергии, и отказоустойчивый режим приемника, не допускающий возникновения ошибок, когда входы неактивны, закорочены или не подключены. Выводы шины без защелкивания выдерживают контактные разряды свыше ± 8 кВ и разряды через воздушный промежуток до ± 16 кВ, что превосходит требования стандарта IEC 61000-4-2, и устойчивы к



Пример разводки печатной платы с микросхемой STR485.

воздействию пачек переходных процессов с уровнями, регламентированными Классом В стандарта IEC 61000-4-4.

Приемопередатчики выпускаются в корпусах DFN10 размером 3 мм × 3 мм. Удобное расположение вводов шины и логического управления с противоположных сторон корпуса упрощает конструкцию платы. В партиях из 1000 штук цена одной микросхемы начинается от \$1.55.

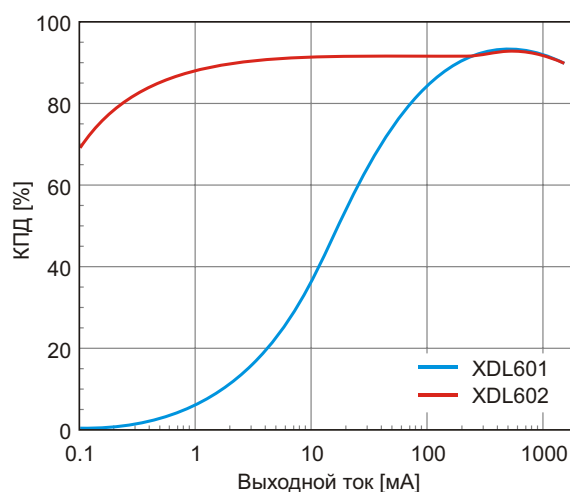
Torex выпускает на рынок самые миниатюрные в своем классе микромодули понижающих DC/DC преобразователей

Torex Semiconductor выпустила новую серию 1.5-амперных микромодулей понижающих DC/DC преобразователей, управляемых с использованием технологии HiSAT-COT.

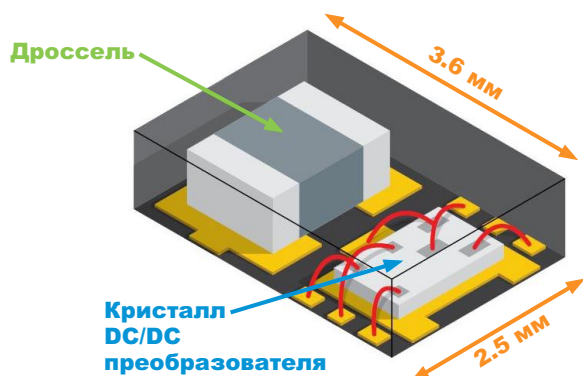


Серия состоит из двух сверхминиатюрных понижающих DC/DC преобразователей XDL601 и XDL602 с интегрированными дросселями и микросхемами управления. Добавив к модулю всего два внешних керамических конденсатора, можно собрать схему

источника питания с максимальным выходным током 1.5 А, сэкономив при этом не менее 50% площади печатной платы по сравнению с решениями, основанными на отдельных микросхемах DC/DC преобразователей. Встроенная катушка позволяет упростить конструкцию печатной платы, чтобы минимизировать неисправности, помехи и другие проблемы, связанные с размещением компонентов и разводкой проводников.



Типовая зависимость КПД от тока нагрузки.



Конструкция модулей XDL601/XDL602.

Модули с синхронным выпрямлением работают на частоте 3.0 МГц, преобразуя входное напряжение от 2.5 до 5.5 В в выходное напряжение от 0.8 В до 3.6 В. Есть также варианты с фиксированными стандартными выходными напряжениями. В модулях реализована технология управления HiSAT-COT (High Speed Transient Response - Constant On-Time), обеспечивающая повышенную скорость отклика на переходные процессы и

автоматическое переключение между режимами широтно-импульсной (ШИМ) и частотно-импульсной модуляции (ЧИМ) в зависимости от характера нагрузки. ШИМ-управление снижает уровень пульсаций выходного напряжения, тогда как автоматическое переключение между режимами ШИМ и ЧИМ позволяет увеличить КПД преобразователя во всем диапазоне нагрузок – от самой легкой до максимальной.

Модули XDL601/XDL602 отвечают требованиям Категории 2 автомобильного стандарта AEC-Q100 и рассчитаны на работу в диапазоне температур от -40°C до $+105^{\circ}\text{C}$.

Приборы выпускаются в корпусах DFN3625-11A с размерами 3.6 мм × 2.5 мм

× 1.6 мм, имеющих смачиваемые торцы контактов. Углубления в корпусе возле концов контактных площадок позволяют выполнять автоматический визуальный контроль паяных соединений.

Особенности модулей XDL601/XDL602

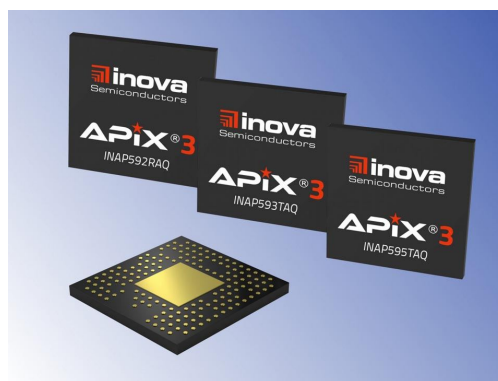
- Самые миниатюрные в мире среди приборов аналогового класса понижающие DC/DC преобразователи;
- Низкие шумы;
- Отличное рассеивание тепла;
- Смачиваемые торцы выводов;
- Соответствие Уровню 2 стандарта AEC-Q100.

Inova Semiconductors начала поставки первых последовательно-параллельных преобразователей нового поколения APIX3

Мощные передающие и приемные устройства позволяют одновременно передавать видео, аудио и данные в реальном времени со скоростью до 12 Гбит/с

Inova Semiconductorsполнила свое семейство микросхем APIX первыми приборами нового поколения APIX3 – двумя передатчиками и приемником. APIX (Automotive Pixel Link – автомобильный канал передачи пиксельной информации) – это технология последовательно-параллельного преобразования, разработанная Inova для автомобильных видео приложений высокого разрешения, прежде всего, в развивающихся сегментах информационно-развлекательных систем и систем помощи водителю. Последнее поколение приборов APIX3 может поддерживать работу нескольких дисплеев с пропускной способностью до 12 Гбит/с, в том числе дисплеев HD и Ultra HD.

Первыми приборами нового семейства APIX3 стали передатчики INAP563TAQ с интерфейсом HDMI 1.4a (с поддержкой 3D) и INAP565TAQ с интерфейсом DSI 1.2, а также приемник INAP562RAQ с видеовыходом CSI, DSI или LVDS. Два передатчика отличаются друг от друга только видеовходами, а в остальном они совместимы. Каждый передатчик можно подключить к приемнику INAP562R для создания соединения APIX3 через витую пару (STP, QSTP) или коаксиальный кабель. Компоненты поддерживают различные рабочие режимы, облегчающие соблюдение требований электромагнитной



совместимости, с фиксированными скоростями передачи 1.5, 3 и 6 Гбит/с по одной линии или 3, 6 и 12 Гбит/с по двум линиям с обратным каналом с фиксированной скоростью 187.5 Мбит/с.

Новые устройства семейства APIX3 разрабатывались для популярных форматов автомобильных дисплеев (например 2880 × 1080 × 24 бит, 60 Гц), однако они также могут поддерживать трансляцию видео с разрешением Ultra-HD и глубиной цвета до 30 бит. Кроме того, INAP565TAQ с интерфейсом DSI позволяет передавать сжатые видеоданные в командной среде DSC с возможностью поддержки перспективных скоростей передачи данных до 28.8 Гбит/с.

Все устройства допускают одновременную передачу по нескольким аудиоканалам, число

которых может достигать восьми. Особенностью технологии APIX является независимый от среды передачи интерфейс (MII, RMII, RGMII) для подключения 100 Мбит Ethernet согласно стандарту IEEE. Для удобства конфигурирования компонентов и передачи данных имеется также интерфейс SPI. Дополнительно приемник INAP562R содержит интерфейс I²C, оптимизированный для подключения контроллеров сенсорных дисплеев.

Устройства APIX3 обратно совместимы с предшественниками из семейства APIX2 и, так же, как и они, обеспечивают компенсацию старения кабеля и колебаний температуры. Новой возможностью технологии APIX3 является процедура подготовки канала связи (Link Training) для настройки на используемую среду передачи. Это гарантирует очень надежную, стабильную и оптимизированную передачу. Благодаря множеству диагности-

ческих функций, APIX3 поддерживает приложения, связанные с безопасностью, и отвечает требованиям, предъявляемым автопроизводителями к устойчивости и защите от электромагнитных помех.

Типичными областями применения новых чипов APIX3 будут информационно-развлекательные системы, а также приборные панели и устройства индикации на лобовом стекле.

Доступность

Два новых передатчика и приемник семейства APIX3 уже доступны для приобретения. Все устройства соответствуют требованиям стандарта AEC-Q100 и работают в широком диапазоне температур от -40 °C до +105 °C. Inova поставляет передатчики в 151-выводных, а приемник – в 162-выводных корпусах aQFN. Лицензия на технологию APIX3 также была выдана компании Socionext.

Crocus Technology представляет лучший в отрасли TMR датчик углового положения

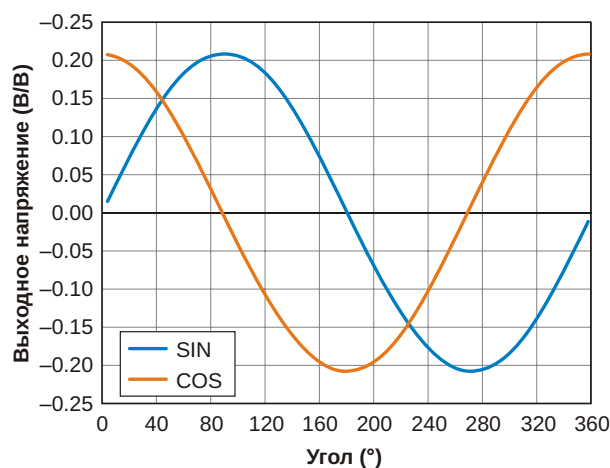
Датчик для двумерных измерений магнитного поля с угловой ошибкой менее 0.5°

Crocus Technology анонсировала новое устройство СТ300 – магнитный датчик углового положения (2D), основанный на эффекте туннельного магнитосопротивления (TMR), со сверхнизкой ошибкой измерения угла и высокой стабильностью в диапазоне температур и напряжений питания, предназначенный для различных рынков.



СТ300, созданный с использованием революционной технологии MLU (Magnetic Logic Unit – магнитная логика), состоит из двух полных магниторезистивных мостов и способен измерять магнитное поле в двух измерениях (2D). Воспринимая присутствие вращающегося магнитного поля, СТ300 вырабаты-

вает два дифференциальных сигнала – синусоидальный (SIN) и косинусоидальный (COS). После того, как СТ300 обработает и компенсирует дифференциальные сигналы, остаточная угловая ошибка не превышает 0.5° в температурном диапазоне от -40 °C до +150 °C. Датчик может измерять значения абсолютных углов в полном диапазоне вращения на 360° при индукции магнитного поля от 20 мТл до 80 мТл.



Зависимость выходных напряжений от угла.

СТ300 отвечает требованиям потребительского, промышленного, медицинского и автомобильного рынков и отлично подходит для таких приложений, как модули камер с поддержкой оптической стабилизации изображения и автофокусировки, оптические энкодеры, управление бесщеточными двигателями постоянного тока, интеллектуальные устройства и приборы Интернета вещей, средства автоматизации, оборудование производственного контроля и робототехника,

где требуются точные измерения углового положения.

СТ300 поставляются потребителям на пластинах с отмеченными годными кристаллами, в 8-выводных корпусах TSSOP или в сверхнизкопрофильных миниатюрных 8-выводных корпусах DFN. Поставка потребителям образцов новых датчиков началась в декабре 2018 года, а массовый выпуск приборов запланирован на первый квартал 2019 года.

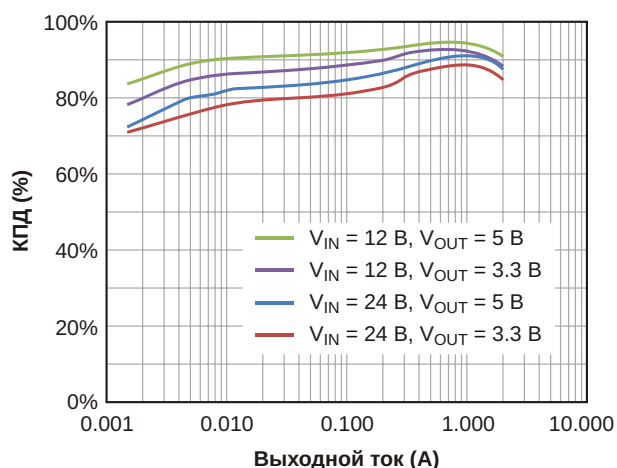
Diodes анонсировала понижающие DC/DC преобразователи с лучшим в своем классе подавлением излучаемых помех

Компания Diodes анонсировала синхронные понижающие DC/DC преобразователи AP63200/ AP63201/ AP63203/ AP63205 с самыми низкими в своем классе уровнями электромагнитных помех, излучаемых во всех диапазонах входных и выходных напряжений. Новые устройства хорошо подходят для многих приложений, включая бытовую технику и промышленную электронику, а также телекоммуникационное оборудование, электроинструменты, оргтехнику и потребительские товары, такие как телевизоры и абонентские приставки.



Обычно импульсные DC/DC преобразователи являются источниками значительных электромагнитных помех. Однако реализованный в AP63200/ AP63201/ AP63203/ AP63205 метод расширения спектра посредством качания частоты переключения шумоподобным сигналом на $\pm 6\%$ и специальная технология управления затворами обеспечивают самые низкие в своем классе паразитные излучения. Конструкция микросхем рассчитана на односторонний монтаж, позволяя проектировать платы без переходных отвер-

стий, чтобы еще больше снизить уровень излучений. Дальнейшие улучшения достигаются благодаря запатентованной схеме драйвера затвора, уменьшающей звон в коммутационном узле, но не влияющей на время включения и выключения MOSFET.



Зависимость КПД от тока нагрузки.

Полностью интегрированные устройства содержат MOSFET верхнего и нижнего плеча с очень низкими сопротивлениями открытых каналов, а также оригинальные драйверы затворов, конструкция которых запатентована Diodes, и цепи частотной коррекции. Использование частотно-импульсной модуляции обеспечивает превосходный КПД при легких нагрузках (выходной ток 5 мА), достигающий 88%, и низкий ток потребления, типовое значение которого составляет всего 22 мкА.

Все устройства поддерживают широкий диапазон входных напряжений от 3.8 В до 32 В. Выходные напряжения AP63200 и

AP63201 регулируются от 0.8 В до напряжения, равного входному, а AP63203 и AP63205 имеют фиксированные выходные напряжения – 3.3 В и 5 В, соответственно. Максимальный непрерывный выходной ток всех микросхем равен 2 А. Кроме того, AP63200 и AP63201 могут работать как LDO регуляторы с коэф-

фициентом заполнения 100%, обеспечивая стабильное выходное напряжение в пределах 1% от нерегулируемого входного напряжения. Микросхемы выдерживают воздействие входного напряжения 40 В в течение 400 мс.

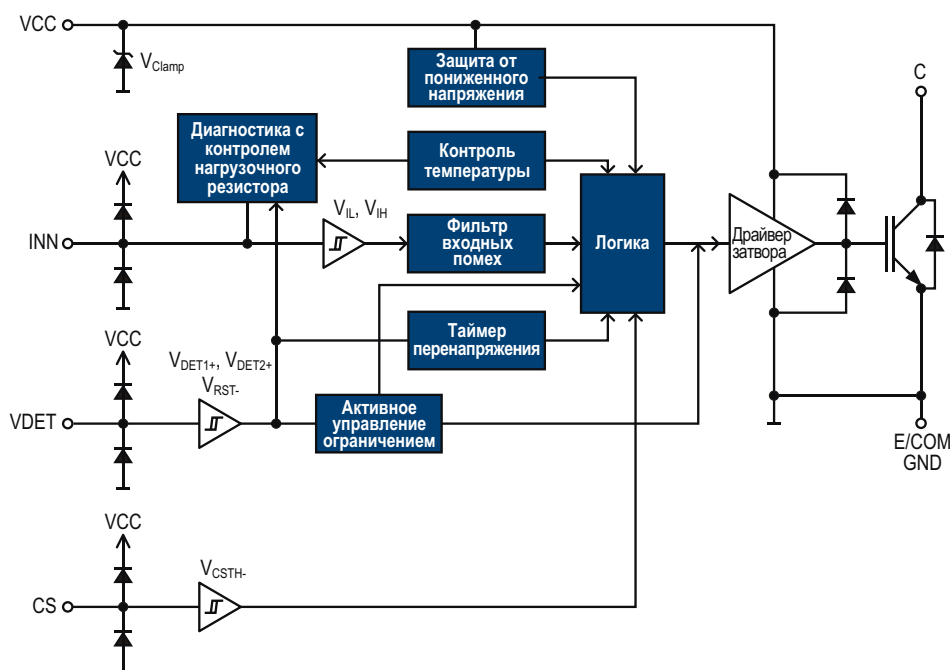
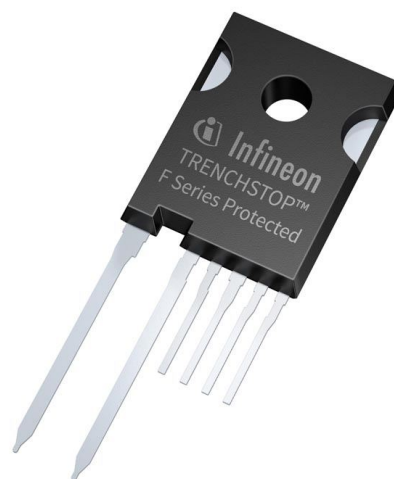
Преобразователи выпускаются в 6-выводных корпусах TSOT26.

Инновационное решение Infineon объединяет IGBT со схемами управления и защиты

Infineon Technologies представляет серию защищенных IGBT, изготовленных по технологии TRENCHSTOP Feature и предназначенных для устройств индукционного нагрева. По сравнению со стандартными IGBT с обратной проводимостью семейства RC-H5, приборы новой серии содержат специальную микросхему драйвера с логическими возможностями, позволяющую в одном устройстве реализовать различные программируемые защитные функции. Транзисторы серии TRENCHSTOP Feature гарантируют повышенную надежность систем при меньших затратах времени на конструирование и программирование для всех приложений индукционного нагрева с несимметричной топологией.

Быстрорастущий рынок систем индукционного нагрева требует все более высокой

эффективности и надежности для защиты репутации бренда от любых негативных событий. Для этого в серии защищенных приборов TRENCHSTOP Feature используются IGBT с



Блок-схема транзистора IEWS20R5135IPB.

лучшими в отрасли характеристиками запирающего напряжения, статических потерь и потерь проводимости. Кроме того, в прибор интегрированы функции защиты от повышенного напряжения, перегрузки по току и перегрева. Благодаря такому сочетанию функциональности и дополнительных диагностических функций, надежность устройства перестает зависеть от внешних микроконтроллеров. Это означает, что разработчики могут использовать более простые микроконтроллеры, чтобы упростить конструкцию системы и снизить ее стоимость.

В приборах TRENCHSTOP Feature серии Protected объединены 20-амперные IGBT с пробивным напряжением 1350 В, изготовленные по технологии RC-H5, и микросхема драйвера с цепями защиты затвора. IGBT и драй-

вер опрессовываются в общий 6-выводной пластиковый корпус ТО-247 с такими же размерами и одним отверстием для винта, как и стандартные 3- и 4-выводные корпуса ТО-247. Дополнительные выводы обеспечивают поддержку дополнительных функций, таких как уникальное активное управление ограничением, уведомление о неисправностях и специальная двухуровневая форма тока управления затвором. Пороговые уровни включения защиты от превышения напряжения и тока программируются в соответствии с потребностями потребителей.

Доступность

Уже доступны для заказа как единичные образцы, так и промышленные партии защищенных IGBT IEWS20R5135IPB.

Alpha and Omega Semiconductor расширила семейство EZBuck сильноточными DC/DC регуляторами

Новая серия преобразователей поддерживает питание чипсетов следующего поколения токами от 20 А до 25 А

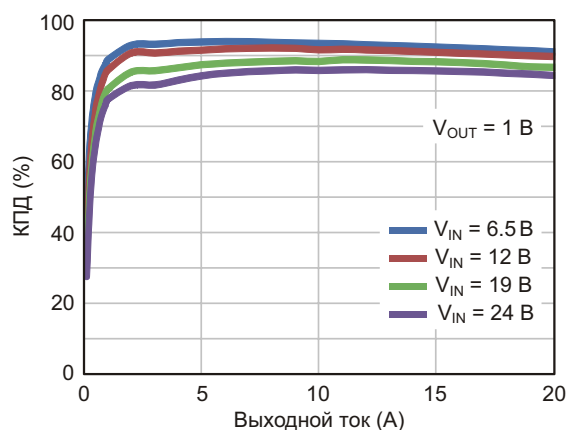
Alpha and Omega Semiconductor (AOS) дополнила семейство регуляторов EZBuck 20-амперным прибором AOZ2367QI и 25-амперным AOZ2368Q. Новые устройства являются миниатюрными и эффективными преобразователями энергии для чипсетов следующего поколения, используемых в телевизорах высокого класса, серверах, системах хранения данных, сетях и других компактных вычислительных системах.



Микропроцессорам и СнК следующего поколения потребуется больше мощности, как для выполнения быстрых вычислений, так и для предоставления дополнительных

сервисов пользователю. Увеличение выходной мощности DC/DC преобразователей часто требует использования нескольких внешних компонентов, таких как сильноточные MOSFET с низкими сопротивлениями открытых каналов. Однако благодаря интеграции мощных MOSFET, реализация таких преобразователей на 20-амперных микросхемах AOZ2367QI и 25-амперных AOZ2368Q становится очень простой. Кроме того, уникальный опыт AOS в корпусировании мощных приборов позволил улучшить управление тепловыми режимами преобразователей, чтобы гарантировать им стабильную и надежную рабочую среду.

Новые устройства обладают всеми преимуществами микросхем семейства EZBuck. Сочетание разработанной AOS эталонной технологии изготовления MOSFET с передовой технологией корпусирования обеспечивает высокий уровень характеристик и высокий КПД DC/DC регуляторов. Интегрированные MOSFET с сопротивлениями открытых каналов от 1 мОм до 4 мОм позволяют поддерживать высокий КПД во всем диапазоне выходных токов. Дополнительный вклад в повышение КПД вносит режим частотно-импульсной модуляции, включаемый при



Зависимость КПД микросхемы AOZ2367QI от тока нагрузки.

легких нагрузках. 20- и 25-амперные устройства выпускаются в совместимых по выводам корпусах QFN размером 5 мм × 5 мм, позволяя разработчикам легко наращивать мощность своих устройств, не меняя конструкции печатной платы. Устройства работают в широком диапазоне входных напряжений от 4.5 В до 24 В, стабилизируя

выходные напряжения от 0.6 В. Запатентованная AOS архитектура с постоянной длительностью импульса обеспечивает сверхбыструю реакцию на переходные процессы и стабильное напряжение с низким уровнем пульсаций при использовании выходных керамических конденсаторов небольшой емкости. Аналогичные конкурирующие решения с керамическими конденсаторами потребовали бы большего числа внешних компонентов, а размах их выходных пульсаций был бы выше. Кроме того, функция упреждающего регулирования входного напряжения поддерживает частоту переключения постоянной во всем диапазоне входных напряжений, что еще больше облегчает разработчикам решение проблемы снижения шумов.

Цены и доступность

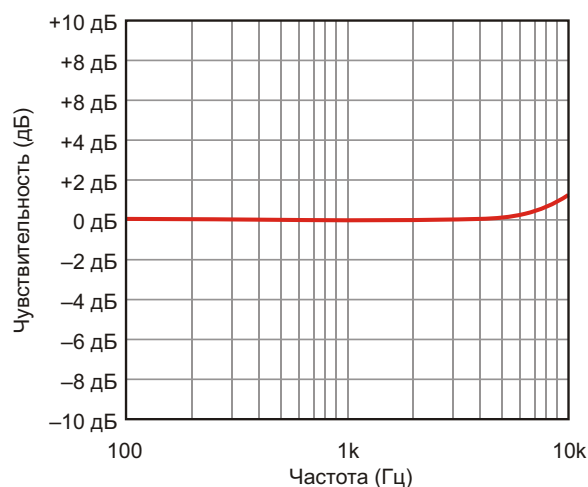
Новые преобразователи доступны в промышленных количествах со сроком поставки 12 недель. В партиях из 1000 приборов одна микросхема AOZ2367QI стоит \$2.529, а AOZ2368QI – \$2.948.

CUI выпускает полную линейку цифровых и аналоговых МЭМС микрофонов

Подразделение аудиоприборов компании CUI объявило о выпуске полной линейки МЭМС микрофонов, идеально подходящих для широкого спектра портативных электронных устройств. Устройства серии SMM, обладающие улучшенным качеством звука, характеристиками и надежностью, выпускаются в очень компактных низкопрофильных корпусах с размерами всего 2.75 мм × 1.85 мм × 0.95 мм. Являясь компонентами, допускающими пайку оплавлением, новые МЭМС микрофоны предоставят разработчикам дополнительную гибкость в случаях использования поверхностного монтажа, что делает их особенно пригодными для записи звука и захвата голоса в смартфонах, планшетах, умных домашних приборах, носимых устройствах и многом другом.



Выпущенные CUI новые МЭМС микрофоны имеют круговую диаграмму направленности. Предлагаются приборы с аналоговыми или цифровыми выходами с импульсно-плотностной модуляцией, с верхним или нижним расположением акустического



Частотная характеристика микрофона SMM-2718AT-42308-TR.

порта. Устройства серии СММ имеют круглую или прямоугольную форму, чувствительность от -44 дБ до -26 дБ и отношение сигнал/шум от 57 dBA до 65 dBA. Микрофоны отличаются пониженной чувствительностью к вибрациям, потребляют ток всего 80 мкА и работают в широком диапазоне температур от -40 °С до $+105$ °С. Благодаря жестким допускам на чувствительность, составляющим лишь ± 1 дБ, приборы СММ идеально подходят для микрофонных массивов,

выполняющих такие функции, как формирование диаграммы направленности и подавление шумов. Кроме того, уникальная конструкция внутренней камеры обеспечивает лучшую стабильность параметров и дает кремниевым микрофонам дополнительную защиту от влаги и пыли.

Устройства серии СММ освоены в массовом производстве и в партиях из 1000 приборов продаются по ценам, начинающимся от \$0.45 за штуку.

Maxim представляет первый в отрасли интегрированный модуль биосенсора для измерения ФПГ и ЭКГ

MAX86150 обеспечивает точный одновременный контроль ФПГ и ЭКГ

Теперь у разработчиков появился более простой способ измерения фотоплетизмограммы (ФПГ) и электрокардиограммы (ЭКГ) для мониторинга состояния здоровья с помощью питаемого от батареи мобильного устройства. Выпущенный Maxim новый прибор MAX86150 является первым в своем роде модулем биосенсора с внутренними светодиодами, фотодетекторами и аналоговым интерфейсом ЭКГ, предназначенным для выполнения высокоточных, сертифицированных FDA измерений ФПГ и ЭКГ с помощью в компактных малопотребляющих устройств, включая мобильные телефоны, ноутбуки, планшеты и умные динамики.



Выполнение синхронизированных измерений ФПГ и ЭКГ было сложной задачей из-за того, что разработчикам приходилось использовать два отдельных биосенсора, которые вместе занимают на плате больше места и потребляют больше энергии, чем обычно располагает мобильное устройство. Кроме того, было сложно добиться высокой точности измерений, особенно в тех случаях, когда

на чувствительность датчика могли влиять низкие уровни перфузии или сухость кожи. MAX86150 позволяет преодолеть эти трудности, беря одновременные выборки ФПГ и ЭКГ для обеспечения максимальной точности измерений времени распространения пульсовой волны. Для снижения разряда батареи модуль может программно переключаться в режим ожидания с током потребления, близким к нулю, позволяя шинам питания постоянно оставаться под напряжением. MAX86150 выпускается в 22-выводном оптическом корпусе с размерами 3.3 мм × 6.6 мм × 1.3 мм.

Основные преимущества

- **Высокая точность:**

Самый высокий на рынке коэффициент ослабления синфазных составляющих, достигающий 136 дБ, позволяет эффективно выделять из шумов измеряемые сигналы. Широкий динамический диапазон токов драйвера светодиодов увеличивает чувствительность для разных типов кожи. Низкоомные контакты для датчика ЭКГ обеспечивают повышенную точность измерений даже в случае сухой кожи.

- **Большой срок службы батареи:**

Потребляя ультранизкий ток в режиме отключения (типичное значение 0.7 мкА), модуль минимизирует разряд батареи, увеличивая время автономной работы по сравнению с решениями конкурентов.

- **Простота установки в устройство:**

Поддержка сухих электродов позволяет получать точные показания без использо-

вания гелей, жидкостей и липких или влажных накладок на других частях тела.

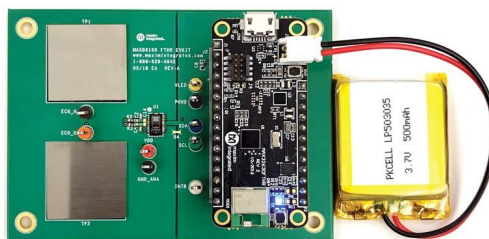
• **Небольшие размеры:**

Объединение датчика ЭКГ с оптическим сенсором ФПГ в корпусе с такими же размерами, как у одиночного датчика ЭКГ, экономит место и предоставляет намного больше функциональности, не требуя третьего электрода, необходимого конкурирующим решениям.

Доступность и цены

MAX86150 можно приобрести на веб-сайте Maxim по цене \$4.00 за штуку (в парти-

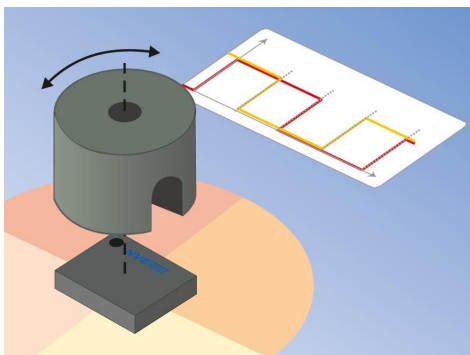
ях от 1000 приборов) или и официальных дилеров компании. Оценочный набор MAX86150EVSYS# стоит \$150. Доступны также модели для симулятора EE-Sim.



Оценочная система MAX86150EVSYS#.

NVE представляет первый в мире интеллектуальный TMR датчик углового положения

Компания NVE анонсировала новый интеллектуальный датчик углового положения ASR002-10E. В новом датчике уникальный чувствительный элемент, основанный на эффекте туннельного магнитосопротивления (TMR), сочетается с элегантной цифровой обработкой сигнала.



Для доступа к данным датчика, а также к параметрам, программируемым пользователем, используется высокоскоростной интерфейс SPI.

Быстро и точно

ASR002-10E обеспечивает исключительное сочетание скорости и точности. Ключевыми особенностями прибора являются:

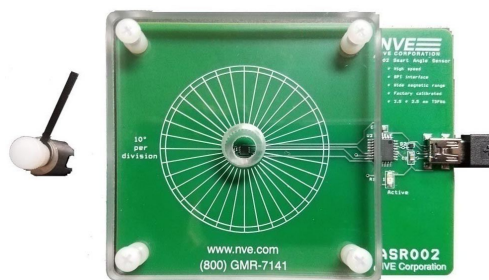
- Заводская калибровка;
- Разрешение 0.1°;
- Воспроизводимость $\pm 0.2^\circ$;
- Большой рабочий диапазон магнитных полей от 60 Э до 200 Э (эрстед);

- Высокая скорость считывания до 12.5 Квыб/с;
- Гибкое питание от 2.2 В до 3.6 В;
- Низкий ток потребления с типовым значением 4 мА;
- Широкий диапазон рабочих температур от -40 до +125 °C;
- Сверхминиатюрный корпус TDFN с размерами 2.5 мм × 2.5 мм × 0.8 мм.

Оценочный набор

Оценочный набор AG954-07 содержит все необходимое для изучения работы датчика ASR002-10E. В состав набора входят следующие компоненты:

- Оценочная плата с питанием от USB;
- Датчик ASR002;
- Диаметральный магнит, индикаторная стрелка и крепеж для магнита;
- Микроконтроллер, подключенный к датчику через интерфейс SPI;



Оценочный набор AG954-07E для датчика вращения ADT002.

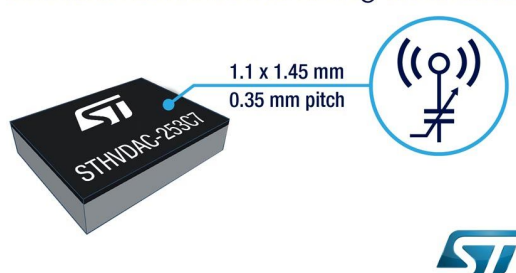
- Стабилизированный источник питания 3.3 В для датчика ASR002;
- Кабель USB для подключения оценочной платы к компьютеру;
- Мощный, интуитивно понятный графический интерфейс.

В лотах из 1000 датчиков один интеллектуальный магнитометр ASR002-10E стоит \$2.22. Оценочные наборы AG954-07E датчика углового положения продаются по цене \$195.00 за штуку. Как датчики, так и оценочные наборы имеются на складе и готовы к немедленной отгрузке.

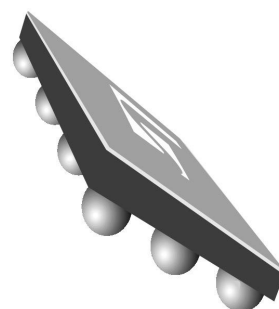
Контроллер адаптивной антенны STMicroelectronics позволит улучшить характеристики смартфонов

Разработанный STMicroelectronics (ST) новый цифровой контроллер STHVDAC-253C7, предназначенный для управления перестраиваемыми конденсаторами, такими как выпускаемое ST семейство STPTIC, позволит уменьшить размеры и количество компонентов, а также снизить потребление мощности схемами настройки антенны, применяемыми для стабилизации радиочастотных параметров смартфонов. Использование STHVDAC-253C7 с конденсаторами STPTIC для согласования импеданса и перестройки частоты практически полностью исключает влияние внешних условий, что улучшает прием сигналов, снижает вероятность сброса вызовов, повышает скорость передачи данных и увеличивает срок службы аккумулятора для пользователей мобильных телефонов.

New STHVDAC-253C7 significantly shrinks Smart Antenna Tuning controllers



Благодаря использованию усовершенствованного технологического процесса BCD8 с проектными нормами 0.18 мкм и корпуса на основе перевернутого кристалла с шагом контактов 0.35 мм, STHVDAC-253C7 стал на 50% меньше своего предшественника и потребляет вдвое меньше тока. Кроме того, новый контроллер работает с новейшими ЧИП индуктивностями типоразмера 0402 и не требует внешнего диода Шоттки, что еще больше снижает общую площадь схемы.



Интегрированный в STHVDAC-253C7 высоковольтный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), специально разработанный для генерации напряжения смещения перестраиваемых конденсаторов, поддерживает настройку трех различных конденсаторов в многополосных мобильных телефонах стандартов GSM/WCDMA/LTE. В новый прибор также встроен повышающий преобразователь, необходимый для формирования всего диапазона напряжений смещения конденсаторов от 0 В до 24 В. STHVDAC-253C7 воспринимает набор команд стандарта MIPI RFFE (RF Front-End), приходящих от системного приемопередатчика. Поддержка трех уникальных идентификаторов ведомых устройств RFFE позволяет одной микросхеме STHVDAC-253C7 контролировать до трех разных антенн.

STHVDAC-253C7 поддерживает широко распространенные режимы настройки антенны, включая Нормальный режим, в котором переход на новое заданное выходное напряжение происходит за 10 мкс, Турбо режим, оптимизированный для минимизации времени установления, и Скользящий режим с задержкой, программируемой от 512 мкс до 16.84 мс для самых плавных переходов и соответствия таким стандартам как 3GPP, прежде всего, в отношении требований к разрыву фазы. Вывод общего назначения может

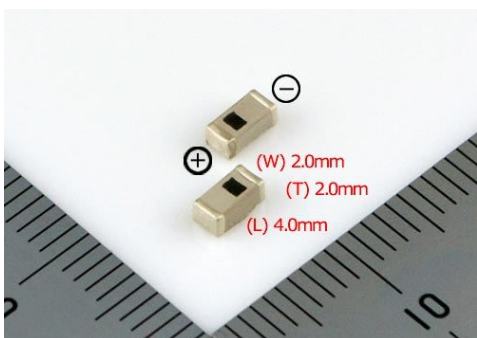
использоваться в двухканальных телефонах для управления двумя контроллерами на одной шине RFEE. Он также позволяет переключаться между регистрами, чтобы управлять разнесенными антеннами, или изменять настройки для корректировки отклика антенны при подключении USB-кабеля.

ST наращивает объемы производства STHVDAC-253C7 в 12-контактных корпусах WLCSP с шагом выводов 0.35 мм. Цена одного контроллера в партии из 1000 приборов начинается от \$0.19. Для поддержки проектирования и разработки можно заказать единичные образцы приборов.

FDK начала поставки сверхминиатюрных твердотельных батарей с самой высокой в мире плотностью мощности

Выпущены высоковольтные (3.0 В) батареи на оксидной основе в корпусах для поверхностного монтажа с высокой плотностью мощности

Корпорация FDK начала поставки опытных образцов полностью твердотельных батарей на оксидной основе, использующих катод из пирофосфата лития кобальта ($\text{Li}_2\text{CoP}_2\text{O}_7$), – материала с высоким электрохимическим потенциалом, разработанного совместно с лабораториями Fujitsu в феврале 2017 года.



По мере того, как устройства Интернета вещей, носимые устройства и другие приложения, использующие батареи, становятся все разнообразнее и сложнее, изменяются требования, предъявляемые к батареям, и, в частности, растет интерес к характеристикам их удельной энергоемкости и безопасности. Поэтому FDK продолжает разработку перспективных твердотельных батарей на основе катодов из $\text{Li}_2\text{CoP}_2\text{O}_7$, отличительными особенностями которых являются высокая плотность энергии, абсолютная безопасность и долгий срок службы.

Сконструированные как устройства для поверхностного монтажа, батареи могут монтироваться точно так же, как другие электронные компоненты, внося вклад в миниатюризацию оборудования.

Особенности продукта

- Миниатюрный корпус для поверхностного монтажа: 4.0 мм × 2.0 мм × 2.0 мм;
- Высокое напряжение, большая емкость: 3.0 В, 150 мкА·ч;
- Высокая плотность энергии: 26 мВт·ч/см³;
- Широкий диапазон рабочих температур: –20 °C ... +105 °C;
- Высокая безопасность и экологичность:
 - используются негорючие материалы,
 - используется стабильная спеченная оксидная керамика (без сульфидов).

Основное применение

Новые батареи предназначены для приложений, требующих компактных размеров, большой емкости и широкого диапазона рабочих температур. Примерами могут служить:

- Устройства Интернета вещей;
- Носимые устройства;
- Внутренние источники резервного питания для полупроводниковых микросхем, таких как часы реального времени, статические ОЗУ и микроконтроллеры;
- Промышленное оборудование, используемое в тяжелых условиях высоких температур, вакуума и т.п.

Параллельно с отгрузкой образцов новых батарей FDK продолжит наращивание их емкости для дальнейшего расширения сферы применения. Первые образцы приборов повышенной емкости планируется отгрузить в апреле 2019 года.

Toshiba анонсирует новую микросхему моста Ethernet для автомобильных и промышленных приложений

Новая микросхема поддерживает протоколы сетей, чувствительные ко времени, и Ethernet-мосты со скоростью передачи до 1 Гбит/с

Toshiba Electronics Europe анонсировала новейшую микросхему в линейке выпускаемых компанией автомобильных сетевых мостов. Приборы серии TC9562 предоставляет расширенные возможности подключения автомобильных телематических и информационно-развлекательных систем через сеть Ethernet.

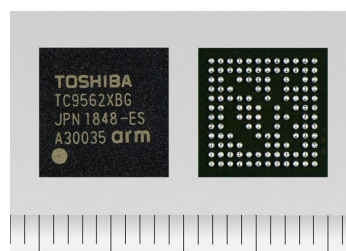


При создании полностью подключенного автомобиля обработка сигналов в режиме реального времени и надежность передачи являются критически важными для поддержки технических средств телематики, информационно-развлекательных систем, систем помощи водителю и данных, получаемых с различных датчиков. Для удовлетворения повышающихся требований к эффективности в автомобильных и промышленных приложениях внедряются новые стандарты, включая EthernetAVB и TSN.

Серия TC9562 разработана Toshiba для надежного и быстрого подключения к

Ethernet со скоростью передачи информации до 1 Гбит/с. Новая микросхема автомобильного моста поддерживает протокол TSN (Time Sensitive Networking – сети, чувствительные ко времени) для различных промышленных и коммерческих приложений.

Расширенные возможности серии TC9562 обеспечивают поддержку спецификации Ethernet AVB, в частности IEEE 802.1AS и IEEE 802.1Qav, а также TSN стандартов IEEE 802.1Qbv, IEEE 802.1Qbu и IEEE 802.3br. Кроме того, новая микросхема поддерживает широкий спектр интерфейсов, включая PCI Express 2.0 и 1.0, I²S/TDM, RGMII, RMII и опции расширения SGMII для подключения информационно-развлекательных решений на основе CNK.



TC9562 будет сертифицирована на соответствие требованиям стандартов автомобильной электроники и начнет выпускаться в корпусах P-LFBGA120 размером 9 мм × 9 мм с февраля 2019 года. Начало массового производства микросхем запланировано на октябрь 2019 года.

Новейшая микросхема управления питанием компании Maxim оптимизирована для точных оптических измерений

MAX20345 содержит понижающе-повышающий регулятор, оптимизированный для точных измерений сердечного ритма и SpO₂ с помощью носимых гаджетов и устройств IoT

Разработчикам постоянно включенных носимых гаджетов и устройств Интернета вещей теперь будет проще продлить срок службы батарей и уменьшить размеры своих приборов с помощью новейшей крошечной высокоинтегрированной микросхемы управ-

ления питанием MAX20345, выпущенной компанией Maxim Integrated Products. Новый прибор со сверхнизким энергопотреблением, в который интегрировано устройство зарядки литиевых аккумуляторов, имеет впервые реализованную уникальную архитектуру,

оптимизирующую чувствительность оптических измерений в носимых устройствах для фитнеса и здравоохранения.



На точность восприятия оптической информации в носимых устройствах влияют различные биологические факторы, индивидуальные для каждого пользователя. Для того, чтобы охватить более широкий спектр вариантов использования, разработчики стремились повысить чувствительность оптических систем, в частности, улучшить отношение сигнал/шум. Для традиционных стабилизаторов с низким собственным током потребления, предпочитаемых конструкторами носимых приложений, характерны высокая амплитуда пульсаций, наличие низкочастотных пульсаций и большие времена установления. Из-за этого некоторые разработчики даже отказывались от малопотребляющих регуляторов, но повышенное энергопотребление сокращало время автономной работы или требовало батарей большей емкости. MAX20345 оснащен первым в своем роде понижающе-повышающим регулятором, основанном на инновационной архитектуре, оптимизированной для высокоточных измерений сердечного ритма, парциального давления кислорода в крови (SpO_2) и других оптических измерений. Регулятор обеспечивает низкий ток покоя, не ухудшая других характеристик, что дает возможность повысить отношение сигнал/шум на величину до 7 дБ (в зависимости от условий измерения).

MAX20345 является новейшим прибором в линейке ультрамалопотребляющих микросхем управления питанием, ориентированный на использование в миниатюрных носимых гаджетах и устройствах Интернета вещей для повешения их эффективности без снижения ресурса батарей. С этой целью в MAX20345 интегрированы устройство заряда литий-

ионных аккумуляторов, шесть регуляторов напряжения, каждый из которых потребляет ультранизкий ток, три понижающих преобразователя с типовыми токами потребления 900 нА, и три ультрамаломощных LDO регулятора, потребляющих типовые токи 550 нА. Два коммутатора нагрузки позволяют отключать системную периферию для минимизации разряда батареи. Как понижающе-повышающий, так и понижающие преобразователи поддерживают динамическое масштабирование напряжения, предоставляя дополнительные возможности энергосбережения в благоприятных условиях, когда могут быть использованы более низкие напряжения. MAX20345 выпускается в 56-контактном корпусе WLP размером 3.37 мм × 3.05 мм с шагом выводов 0.4 мм.

Основные преимущества

• Превосходные характеристики для оптических систем:

Интегрированный понижающе-повышающий регулятор обеспечивает низкий уровень пульсаций на высокой частоте переключения, не создающий помех оптическим измерениям. Малые времена установления поддерживают высокочувствительные оптические датчики носимых устройств.

• Увеличенный срок службы батарей:

Высокоэффективные регуляторы с наноамперными уровнями собственных токов снижают потребление мощности в режимах сна и останова, что, в свою очередь, увеличивает срок службы батарей и дает возможность сократить их размеры.

• Небольшие размеры:

Позволяя исключить из схемы множество дискретных компонентов, MAX20345 поддерживает сложную архитектуру питания для компактных носимых устройств и устройств IoT.

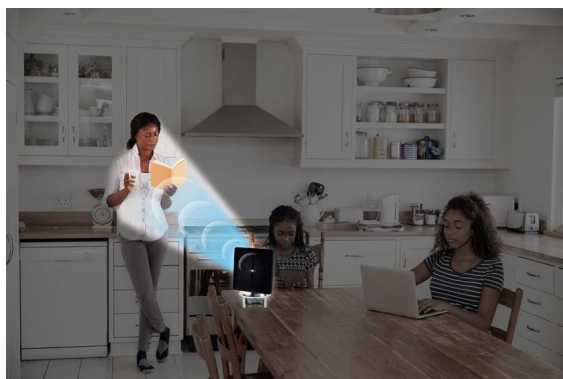
Доступность и цены

MAX20345 можно приобрести на веб-сайте Maxim и у официальных дилеров компании. В партиях от 1000 приборов один прибор стоит \$4.00. Цена оценочного набора MAX20345EVKIT# составляет \$57.00.

Создан прототип первого в мире персонального помощника, звук которого слышен только вам

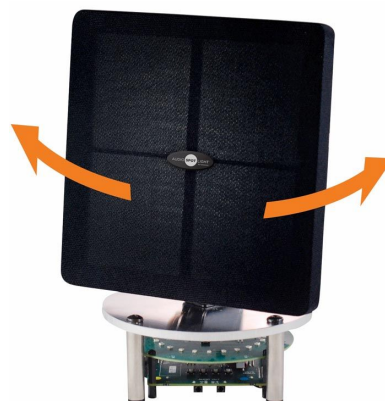
Устройство по-настоящему «персональной» персональной помощи на основе технологии направленного звука Audio Spotlight

Разработчик и поставщик динамиков Audio Spotlight (Аудио Прожектор – ред.) компания Holosonics объединила усилия с XMOS для разработки концепции первого в мире персонального помощника с голосовой активацией, который сначала определяет, где вы находитесь, а затем говорит только с вами. Сочетание выпускаемых XMOS микрофонов VocalSorcery (Магия Вокала – ред.) с запатентованной Holosonics технологией направленных динамиков, позволило реализовать концепцию первого и единственного по-настоящему «персонального» персонального помощника.



Одним из ограничений технологий персональных помощников, представленных сегодня на рынке, является отсутствие конфиденциальности, которую предоставляли бы пользователям такие устройства, как Alexa, Echo и Siri. Когда эти устройства выдают аудио-ответы пользователю, беседа не может быть приватной, так как звук услышит любой, находящийся в зоне действия обычного динамика устройства.

Но теперь Holosonics и XMOS разработали технологию настройки ответа личного помощника, направляя звук непосредственно на того человека в комнате, который обращался к устройству с запросом. Благодаря комбинации революционной технологии направленного звука компании Holosonics и узконаправленных микрофонов XMOS, устройства персональной помощи будущего могут иметь возможность точно определять направление звукового ответа в конкретном пространстве, чтобы доставлять пользователю весь адресованный ему звук, полностью свободный от посторонних шумов. Аудиотехнология Audio Spotlight создает звук в узком луче, подобном световому пучку лазера.



От музеев, инсталляций и цифровых вывесок до розничных магазинов и специальных проектов – сотни компаний выбрали эту запатентованную технологию для обеспечения высококачественного, точно контролируемого звука.

Мощный радиочастотный транзистор Ampleon будет использоваться в промышленных и профессиональных приложениях

Ampleon объявила о доступности нового 500-ваттного радиочастотного LDMOS транзистора BLC2425M10LS500P, предназначенного для работы в импульсном и непрерывном режимах в частотном диапазоне от

2400 МГц до 2500 МГц. Транзистор BLC2425M10LS500P, пригодный для использования в широком спектре промышленного, потребительского и профессионального приготовления пищи с помощью радиочастот-



ной энергии, выпускается в пластиковом корпусе SOT1250 с воздушной полостью и имеет превосходное соотношение мощности и размеров.

Достигающий 67% КПД делает новый транзистор лучшими в своем классе прибором для данного частотного диапазона и уровня мощности. Столь высокая эффективность минимизирует требования к охлаждению, а также снижает энергопотребление и эксплуатационные расходы конечного оборудования. Кроме того, благодаря возможности работать на рассогласованную нагрузку с КСВ до 20:1 при всех фазах, транзистор демонстрирует превосходную надежность, что еще больше упрощает как конструкцию системы, так и схему защиты.

Согласованные импедансы входа и выхода упрощают интеграцию BLC2425M10LS500P в конечные приложения.

Vishay представила 600-вольтовый MOSFET с лучшим в отрасли показателем качества

Устройство с суперпереходом снижает потери проводимости и переключения, повышая КПД телекоммуникационных, промышленных и корпоративных приложений

Vishay Intertechnology представила новейшее устройство в своем семействе 600-вольтовых MOSFET четвертого поколения серии E. Обеспечивая высокий КПД источников питания телекоммуникационных, промышленных и корпоративных приложений, n-канальный прибор SiHH068N60E, выпущенный подразделением Vishay Siliconix, по сравнению с 600-вольтовыми MOSFET серии E предыдущего поколения имеет сниженное на 27% сопротивление открытого канала и на 60% меньший заряд затвора. Это дает самое низкое в отрасли производство заряда затвора на сопротивление открытого канала среди приборов аналогичного класса, что является главным показателем качества для 600-вольтовых MOSFET, используемых в приложениях преобразования энергии.



Vishay предлагает широкую линейку технологий MOSFET, которые поддерживают все этапы процесса преобразования энергии — от высоковольтных входов до низковольтных выходов, — необходимых современным электронным системам. Выпуская транзистор SiHH068N60E и готовя к производству новые 600-вольтовые устройства четвертого поколения семейства E, компания решает проблему повышения КПД и плотности мощности в первых каскадах архитектуры системы питания — корректорах коэффициента мощности и DC/DC преобразователях с жестким переключением.

Транзистор SiHH068N60E созданный на основе новейшей энергоэффективной технологии суперперехода компании Vishay, имеет типовое сопротивление открытого канала 0.059 Ом при напряжении затвор-исток 10 В и сверхнизкий заряд затвора до 53 нКл. Показатель качества устройства, равный 3.1 Ом·нКл, на 12% ниже, чем у ближайшего конкурирующего MOSFET аналогичного класса. Улучшенные характеристики переключения SiHH068N60E обеспечиваются низкими эффективными выходными емкостями $C_{o(er)}$ и $C_{o(tr)}$, равными 94 пФ и 591 пФ, соответственно. Эти значения позволяют экономить энергию за счет снижения потерь проводимости и переключения.

Устройства выпускаются в корпусах PowerPAK размером 8 мм × 8 мм, отвечают требованиям директивы RoHS и не содержат галогенов. Конструкция приборов обеспечивает устойчивость к выбросам напряжения в лавинном режиме с фиксированными уровнями отсечки, гарантированными стопроцент-

ной проверкой на соответствие нормам стандарта UIS.

В настоящее время доступны единичные образцы и промышленные партии SiNH068N60E. Крупные заказы на поставку приборов выполняются в течение десяти недель.

В Роттердаме установят прототип 12-мегаваттной ветряной турбины

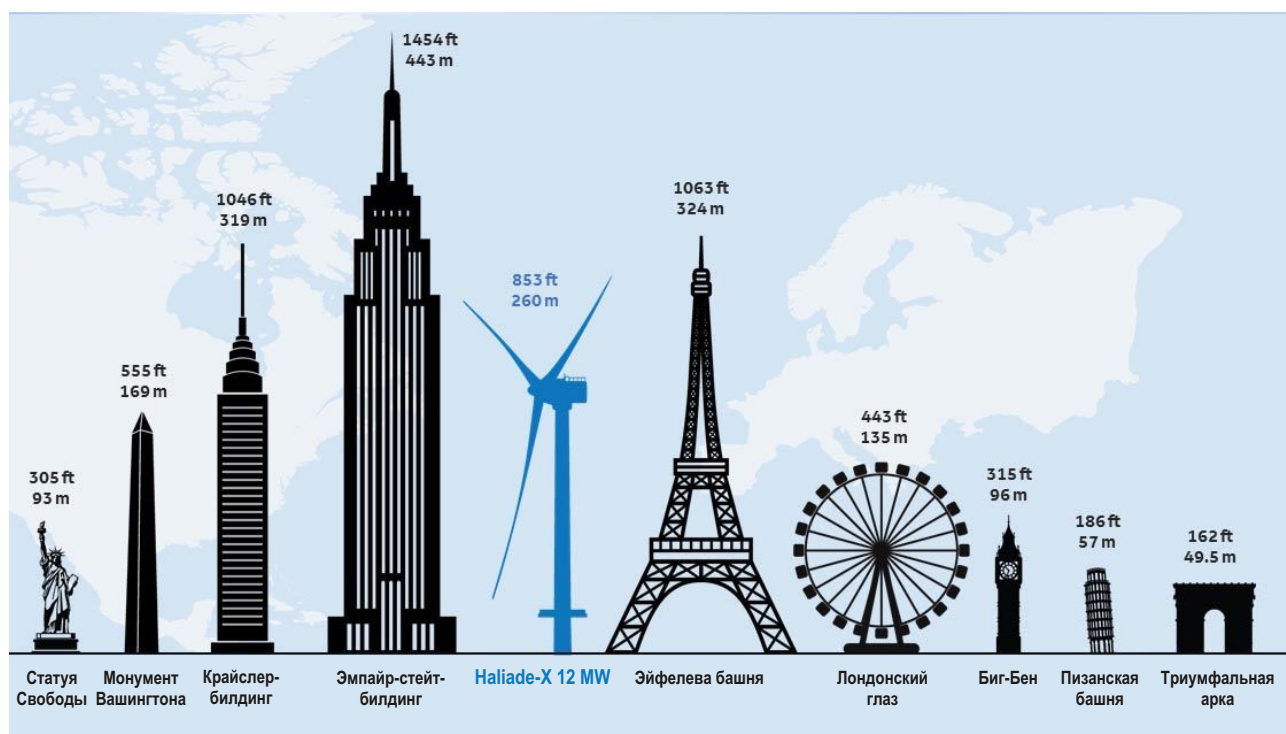
GE Renewable Energy и Future Wind (совместное предприятие Pondera Development и SIF Holding Netherlands) объявили о подписании соглашения об установке компанией Future Wind первого прототипа 12-мегаваттной ветряной турбины Haliade-X 12 MW. Монтаж турбины будет проводиться в Маасвлакте-Роттердам (Нидерланды) летом 2019 года. Сделка предусматривает пять лет испытаний и соглашение о 15-летнем полном обслуживании.

Этот прототип Haliade-X 12 MW будет установлен на берегу, чтобы облегчить доступ для тестирования. В течение начального периода эксплуатации береговое расположение позволит GE Renewable Energy собирать данные, необходимые для получения сертификата типа, что является важным шагом для



коммерциализации продукции, запланированной на 2021 год.

«Мы гордимся тем, что GE Renewable Energy и SIF используют наш порт в качестве испытательного полигона для разработки самой мощной ветряной турбины в мире, —



сказал Аллард Кастелейн (Allard Castelein), генеральный директор Роттердамского порта. – Это подтверждает высокую репутацию порта и нашу готовность быть надежным и привлекательным партнером для оффшорной ветроэнергетики, поскольку она стимулирует переход на экологически чистую энергию».

Мероприятия по подготовке площадки для будущей установки турбины только что начались в Роттердаме. Гондола, закрытая часть аэродинамического устройства, в котором размещается турбинный механизм прототипа Haliade-X 12 MW, будет собрана в Сен-Назере (Франция), три лопасти LM Wind Power длиной 107 метров будут изготовлены в Шербуре (Франция), а секции башни будут сделаны в Севилье (Испания). Все компоненты будут отправлены в Роттердам для предварительной сборки и монтажа.

Этот прототип в Роттердаме является частью программы, с общим объемом инвестиций \$400 миллионов (€320), которая была объявлена компанией GE Renewable Energy в марте 2018 года, чтобы помочь снизить стоимость энергии ветра и сделать ее более конкурентоспособным источником чистой, возобновляемой энергии.

Совместное предприятие Future Wind объединяет Pondera Consult, известную голла-

ндскую консалтинговую фирму по возобновляемым источникам энергии, и Sif Holding N.V., производителя больших стальных труб, которые используются в качестве элементов фундамента, главным образом, для рынка оффшорной ветроэнергетики.

Основные характеристики ветряной турбины Haliade-X 12 MW

- Общая высота: 260 м – втрое выше Флэтайрон-билдинг;
- Диаметр ротора: 220 м – эквивалентен высоте башни моста Золотые Ворота;
- Площадь ометания ротора: 38,000 м² – эквивалента 7 полям для американского футбола;
- Одна турбина Haliade-X 12 MW может ежегодно генерировать 67 ГВт·ч электроэнергии, что на 45% больше выработки самой мощной машины на современном рынке и вдвое больше по сравнению с Haliade 150-6 MW;
- Количества чистой энергии, генерируемой одной Haliade-X 12 MW, будет достаточно для 16,000 европейских домохозяйств, а ветряная ферма суммарной мощностью 750 МВт сможет снабжать электричеством до одного миллиона домохозяйств.

Allegro MicroSystems анонсировала новое семейство бесшумных драйверов BLDC, не требующих написания программного кода

Разработаны для эффективности и простоты

Allegro MicroSystems анонсировала выпуск нового семейства микросхем QuietMotion (Тихое Движение – ред.). Семейство состоит из первых на рынке контроллеров векторного управления (Field Oriented Control – FOC) бесщеточными двигателями постоянного тока (BLDC), не требующих написания програм-

много кода. Устройства спроектированы так, чтобы обеспечить надежную и эффективную работу с низким уровнем шума и одновременно сократить время разработки.

В то время как большинству драйверов FOC BLDC требуется кодирование алгоритмов в микропроцессоре, все инновационные алгоритмы, созданные Allegro для FOC, интегрированы в микросхемы QuietMotion. Эти усовершенствованные алгоритмы обеспечивают плавное и бесшумное движение, устраняя необходимость в написании программного кода, что значительно снижает расходы на исследования и разработку, и, в конечном счете, ускоряет выход на рынок конечного продукта. Кроме того, новые устройства, тре-



бующие всего пяти внешних компонентов, минимизируют затраты на материалы, повышают надежность и упрощают конструкцию привода двигателя.

Результат? Действительно тихо. Легко реализуемо. Чрезвычайно эффективно.

«Это дорога в будущее для драйверов двигателей, – объяснил Виджай Мангтани (Vijay Mangtani), вице-президент подразделения силовых микросхем компании Allegro. – Наши устройства QuietMotion невероятно эффективны и просты в использовании. Гибкий пользовательский интерфейс и оценочные платы позволяют потребителям легко настроить и оценить различные двигатели, сократить время разработки и реализовать свои конструкции с очень небольшим количеством внешних компонентов».

Первые устройства, не требующие программирования

Первым членом выпущенного Allegro семейства QuietMotion стала микросхема AMT49406, являющаяся идеальным решением для приложений, требующих высокой эффективности и низких акустических шумов, таких как напольные и потолочные вентиляторы, увлажнители, осушители, очистители воздуха и вытяжные вентиляторы. Благодаря встроенному запатентованному беззвонному алгоритму синусоидального управления и алгоритмам плавного пуска, AMT49406 обес-



печивает надежные и лучшие в отрасли характеристики слышимых шумов.

В семейство QuietMotion также вошла микросхема A89301. Это устройство отличается бесшумной работой, а также дополнительной гибкостью и возможностью программирования функций для бытовых приборов премиум-класса, таких как высококачественные вентиляторы и очистители воздуха. Контроллер A89301 разрабатывался специально для систем с низкооборотными двигателями.

AMT49406 и A89301 рассчитаны на работу при входных напряжениях от 5.5 В до 50 В в диапазоне температур от -40°C до 105°C . Микросхемы поставляются в 24-контактном корпусе QFN размером 4 мм × 4 мм с открытым теплоотводящим основанием (суффикс ES) и в 24-выводном корпусе TSSOP со сниженным тепловым сопротивлением (суффикс LP). Корпуса не содержат свинца, их выводные рамки покрыты 100% матовым оловом.

Чем отличается понижающий преобразователь от повышающего?



Часть 1

Александр Русу, Одесса, Украина

Импульсные преобразователи понижающего и повышающего типов имеют приблизительно одинаковое количество компонентов, массу, габариты и стоимость, однако выполняют диаметрально противоположные задачи: понижающая схема уменьшает, а повышающая увеличивает уровень входного напряжения, причем обратные функции, соответственно, увеличения или уменьшения напряжения для них недоступны. Таким образом, повышающие и понижающие преобразователи даже теоретически не могут быть взаимозаменяемыми. Однако на практике бывают случаи, когда для решения одной и той же задачи можно с успехом использовать как одну, так и другую схему. И тогда возникает один вопрос: насколько они «одинаковы»? Если ли какое-то условие, определяющее выбор конкретной схемы?

Рассмотрим один из практических примеров. До массового распространения жидкокристаллических и светодиодных дисплеев фактически единственными устройствами, позволяющими полноценно отобразить графическую информацию, были электронно-лучевые трубки (кинескопы), на основе кото-

рых в свое время было создано не одно поколение телевизоров, компьютерных мониторов и прочего оборудования. Одним из наиболее сложных и специфичных узлов данной техники был блок горизонтальной (строчной) развертки, формирующий ток в катушках отклоняющей системы, а заодно и целый набор питающих напряжений, необходимых в первую очередь для работы кинескопа. Не вдаваясь в подробности работы этого узла, отметим, что в большинстве схемных решений для его работы требовалось регулировать напряжение питания – только так можно было обеспечить поддержку нескольких режимов работы и точную стабилизацию геометрических размеров изображения. Например, в компьютерных мониторах NEC MultiSync V720 на основе шасси N0701 при частоте 31 кГц, соответствующей разрешению 640×480 элементов и частоте обновления 60 Гц, напряжение питания выходного каскада строчной развертки должно было равняться 62 В, а при 69 кГц (1024×768 , 85 Гц) оно увеличивалось практически в три раза – до 160 В [1]. При других же разрешениях и частотах обновления экрана напряжение

питания принимало некоторое промежуточное значение в диапазоне от 62 В до 160 В, величина которого определялась фактической частотой строчной развертки.

Но как обеспечить регулировку питающего напряжения в широких пределах? Изменять режимы работы основного источника питания далеко – не самая лучшая идея, поскольку кроме выходного каскада строчной развертки в мониторах или телевизорах есть еще множество других узлов, требующих стабильного питания. В свое время инженеры решали эту задачу двумя способами. Например, в упомянутом выше мониторе MultiSync V720 выходной каскад строчной развертки питался от источника с напряжением 45 В через повышающий преобразователь, увеличивающий напряжение до нужного уровня «классическим» методом ШИМ-регулирования. Второй способ, который также широко использовался в мониторах, например, компании Samsung, заключался в питании этого узла от источника с повышенным напряжением, но через понижающую схему.

Так какой же подход использовать, если результат в обоих случаях одинаков? Ответ на этот вопрос и будет получен в данной статье, в которой рассмотрены два варианта решения одной и той же задачи. Чтобы не привязываться к схемотехнике, наверное, уже окончательно устаревших мониторов на основе электронно-лучевой трубки, сформулируем задачу в общем и, для упрощения расчетов, идеализированном виде. Пусть нам необходимо обеспечить работу нагрузки мощностью 10 Вт, требующей напряжения

питания от 10 В до 30 В от двух разных источников с напряжением, соответственно, 10 В и 30 В (Рисунок 1). Примером такой нагрузки может быть все что угодно, например, светодиодный светильник, электродвигатель или другое оборудование, минимальное напряжение питания которого должно иметь ненулевое значение.

Определение режимов работы силовой части

Напряжения и токи в элементах преобразователя во многом определяются параметрами обмоток и режимом работы магнитопровода накопительного дросселя L1, которые, в свою очередь зависят от схемотехники силовой части и соотношения напряжений на входе и выходе. Особенности понижающей и повышающей схем является частичное преобразование электрической энергии, при котором через магнитное поле дросселя передается только некоторая часть мощности нагрузки [3]. В рассматриваемом случае величина преобразуемой мощности $P_{\text{ИР}}$ для понижающего преобразователя равна:

$$\begin{aligned} P_{\text{ИР}} &= P_{\text{ВЫХ}} \cdot 1 \cdot \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = 10 \cdot 1 \cdot \frac{10}{30} \\ &= 6.7 \text{ Вт, при } U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В;} \\ P_{\text{ИР}} &= P_{\text{ВЫХ}} \cdot 1 \cdot \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \\ &= 10 \cdot 1 \cdot \frac{30}{30} = 0 \text{ Вт, при } U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В;} \end{aligned} \quad (1)$$

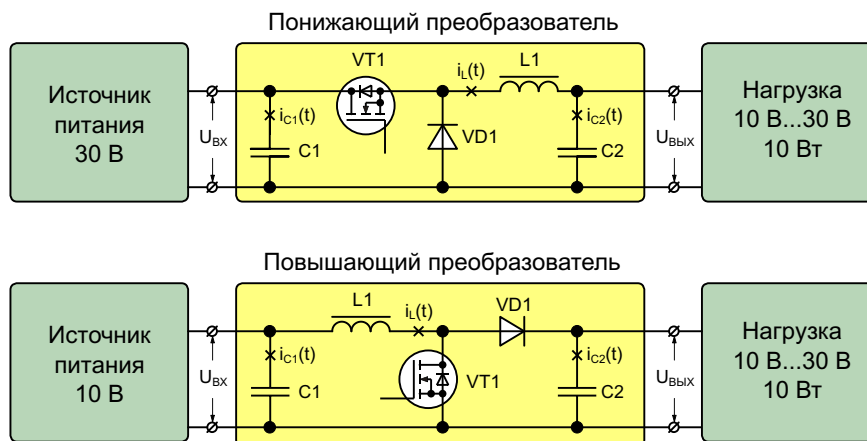


Рисунок 1. Два варианта питания одной и той же нагрузки.

а для повышающего:

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{ВЫХ}} \cdot 1 \cdot \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} = 10 \cdot 1 \cdot \frac{10}{10} = 0 \text{ Вт, при } U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В;}$$

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{ВЫХ}} \cdot 1 \cdot \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} = 10 \cdot 1 \cdot \frac{10}{30} = 6.7 \text{ Вт, при } U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В;}$$
(2)

где

$P_{\text{ВЫХ}} = 10$ Вт выходная мощность преобразователя (мощность, потребляемая нагрузкой);

$U_{\text{ВХ}}, U_{\text{ВЫХ}}$ – соответственно, напряжение на входе и выходе.

Исходя из результатов расчетов, оба преобразователя имеют одинаковое максимальное значение преобразуемой мощности ($P_{\text{ИР}} = 6.7$ Вт), следовательно, согласно [3, 4], их дроссели могут быть реализованы на одинаковых магнитопроводах. Согласно [5], минимальные размеры магнитопровода обеспечиваются при однополярной форме магнитной индукции с максимально возможным размахом. Это соответствует граничному режиму работы электрической части, при котором ток дросселя в момент открытия транзистора VT1 достигает нулевого значения [5].

Пусть обе схемы при максимальном значении преобразуемой мощности $P_{\text{ИР}}$ работают в граничном режиме. В этом случае, соотношение длительностей первого t_1 и второго t_2 этапов преобразования можно определить на основе уравнения [2]:

$$\frac{U_{L2}}{U_{L1}} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{t_1}{t_2}; \quad (3)$$

где

U_{L1}, U_{L2} – напряжения,

а N_1, N_2 – количество активных витков обмоток дросселя, соответственно, на первом и втором этапах.

Поскольку соотношение напряжений на входе и выходе находится в диапазоне $0.1 < U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} < 10$, то, согласно [2], количество витков на обоих этапах может быть одинаковым. Следовательно, и для повышающей, и для понижающей схемы можно использовать дроссель с одной обмоткой. В этом случае $N_2/N_1 = 1$.

Для понижающего преобразователя напряжение на обмотке дросселя на первом этапе преобразования равно разности напряжений на входе и выходе ($U_{L1} = U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}$), а на втором – выходному напряжению ($U_{L2} = U_{\text{ВЫХ}}$). Для повышающей схемы ситуация противоположная: на первом этапе к обмотке дросселя L1 приложено полное входное напряжение ($U_{L1} = U_{\text{ВХ}}$), а на втором – разность входного и выходного напряжений ($U_{L2} = U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}$). В этом случае при максимальном значении преобразуемой мощности:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}} = \frac{10}{30 - 10} = 0.5, \text{ для понижающего;}$$
(4)

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{30 - 10}{10} = 2, \text{ для повышающего.}$$

При $P_{\text{ИР}} = 0$ Вт, когда $U_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВЫХ}}$, соотношение длительностей этапов преобразования равно:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}} = \frac{30}{30 - 30} = \infty, \text{ для понижающего;}$$
(5)

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{10 - 10}{10} = 0, \text{ для повышающего.}$$

Анализ формулы (5) показывает, что для понижающего преобразователя соотношение t_1/t_2 будет равно полученным значениям при t_1 и $t_2 \rightarrow 0$, то есть, когда транзистор VT1 постоянно открыт, и ток через диод VD1 не протекает, а для повышающего – наоборот: при $t_1 \rightarrow 0$ и $t_2 \rightarrow \infty$, то есть, когда транзистор VT1 постоянно закрыт.

Традиционно при проектировании импульсных преобразователей используют коэффициент заполнения импульсов управления (Duty Cycle – D), равный отношению длительностей первого этапа t_1 , к периоду преобразования T ($D = t_1/T$). Конкретная частота переключения, а, следовательно, и длительность периода T, нам не заданы. Однако, предполагая, что схемы работают на одной частоте, диапазон изменения коэффициента заполнения

ния D можно определить, используя полученные в формулах (4) и (5) значения (t_1/t_2) , и то обстоятельство, что при работе в граничном режиме период преобразования равен сумме длительностей обоих этапов ($T = t_1 + t_2$):

$$D = \frac{t_1}{T} = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{(t_1/t_2)}{(t_1/t_2) + 1}. \quad (6)$$

Для понижающего преобразователя:

$$D = \frac{(t_1/t_2)}{(t_1/t_2) + 1} = \frac{0.5}{0.5 + 1} = 0.33, \text{ при } U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В}; \quad (7)$$

$$D = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{t_1}{t_1 + 0} = 1, \text{ при } U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В};$$

а для повышающего:

$$D = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{0}{0 + t_2} = 0, \text{ при } U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В}; \quad (8)$$

$$D = \frac{(t_1/t_2)}{(t_1/t_2) + 1} = \frac{2}{2 + 1} = 0.67, \text{ при } U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В}.$$

Определение параметров тока дросселя

Выходная мощность преобразователя постоянна ($P_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ Вт}$) и не зависит от напряжения питания. Определим среднее значение тока, потребляемого нагрузкой при разных напряжениях питания:

$$I_{\text{ВЫХ}} = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} = \frac{10}{10} = 1 \text{ А, при } U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В}; \quad (9)$$

$$I_{\text{ВЫХ}} = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ}}} = \frac{10}{30} = 0.33 \text{ А, при } U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В};$$

В общем случае к параметрам тока дросселя относятся его минимальное значение $I_{\text{МИН}}$ (в начале первого этапа) и размах pulsa-

ций I_M . Для понижающего преобразователя ток в нагрузку поступает на обоих этапах преобразования. В этом случае среднее значение выходного тока $I_{\text{ВЫХ}}$ равно среднему току дросселя [6]:

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_{\text{МИН}} + 0.5 I_M. \quad (10)$$

При работе в граничном режиме и преобразовании максимальной мощности (когда $U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В}$) минимальное значение тока дросселя равно нулю ($I_{\text{МИН}} = 0$), что позволяет определить размах пульсаций I_M , который, к тому же, равен его максимальному значению:

$$I_M = I_{\text{МАХ}} = 2 I_{\text{ВЫХ}} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ А}. \quad (11)$$

При максимальном выходном напряжении ($U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В}$) транзистор VT1 постоянно открыт, и пульсации тока в дросселе отсутствуют ($I_M = 0$). В этом случае среднее, минимальное и максимальное значения тока дросселя равны току нагрузки:

$$I_{\text{МИН}} = I_{\text{МАХ}} = I_{\text{ВЫХ}} = 0.33 \text{ А}. \quad (12)$$

Для повышающего преобразователя ток в нагрузку передается только на втором этапе преобразования, поэтому, согласно [6]:

$$I_{\text{ВЫХ}} = \frac{t_2}{T} (I_{\text{МИН}} + 0.5 I_M) + (1 - D) (I_{\text{МИН}} + 0.5 I_M). \quad (13)$$

Это позволяет определить размах пульсации при максимальном выходном напряжении ($U_{\text{ВЫХ}} = 30 \text{ В}$):

$$I_M = I_{\text{МАХ}} = \frac{2 I_{\text{ВЫХ}}}{1 - D} = \frac{2 \cdot 0.33}{1 - 0.67} = 2 \text{ А}. \quad (14)$$

При минимальном выходном напряжении ($U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В}$), так же как и в понижающем преобразователе, дроссель не коммутируется, поэтому средний ток дросселя равен току нагрузки:

$$I_{\text{МИН}} = I_{\text{МАХ}} = I_{\text{ВЫХ}} = 1 \text{ А}. \quad (15)$$

Таким образом, для обоих преобразователей необходимы дроссели $L1$ с одинаковыми значениями максимально допустимого тока (Рисунок 2). Поскольку параметры магнитопровода для них тоже одинаковы, то можно

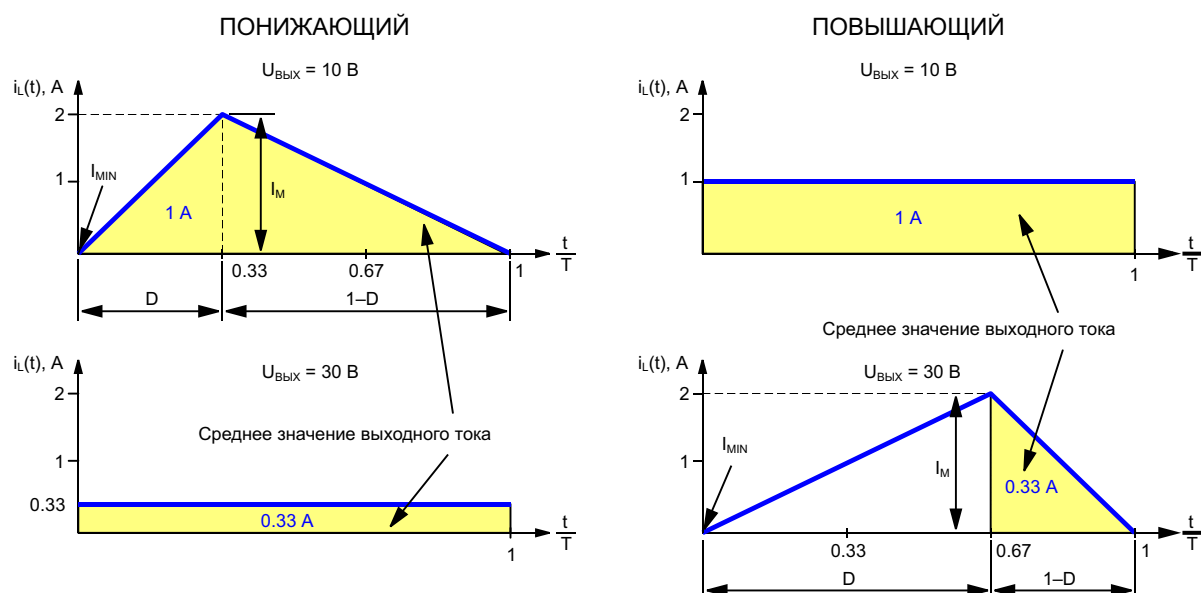


Рисунок 2. Токи дросселя при различных режимах работы.

смело утверждать, что дроссели повышающего и понижающего преобразователя должны иметь одинаковую индуктивность L , ведь энергетическая емкость дросселя W_L определяется формулой:

$$W_L = \frac{I_{MAX}^2 L}{2}. \quad (16)$$

Чтобы развеять возможные сомнения, выполним дополнительную проверку. На первом этапе преобразования длительностью t_1 к дросселю L_1 приложено напряжение U_{L1} , под действием которого, согласно закону Фарадея, его ток должен измениться на величину I_M :

$$I_M = \frac{U_{L1} t_1}{L}. \quad (17)$$

Это позволяет определить требуемое значение индуктивности L :

$$L = \frac{U_{L1} t_1}{I_M}. \quad (18)$$

Предполагая, что повышающий и понижающий преобразователи будут работать на одной частоте мы, выразив абсолютную длительность первого этапа преобразования через его относительное значение ($t_1 = DT$),

можем, используя те же соображения, что и при выводе формул (4) и (5), определить соотношение индуктивностей для понижающего и повышающего преобразователей:

$$\frac{L_{ПОН}}{L_{ПОВ}} = \frac{I_{M_ПОВ} (U_{ВХ_ПОН} U_{ВЫХ_ПОН}) D_{ПОН}}{I_{M_ПОН} U_{ВХ_ПОВ} D_{ПОВ}} \quad (19)$$

$$= \frac{2 (30 \ 10) 0.33}{2 \ 10 \ 0.67} = 1.$$

В формуле (19) индексы «ПОН» и «ПОВ» относятся, соответственно, к понижающему и повышающему преобразователям.

Из формул (11), (14) и (19) теперь становится полностью очевидно, что дроссели повышающего и понижающего преобразователи полностью одинаковы. **РЛ**

Список источников

1. NEC Color Monitors MultiSync V720, MultiSync V721, Diamand Scan 71 (Model No. N0701 Series) Service Manual.
2. Русу А.П. «Почему обмотки дросселя обратноходового преобразователя могут иметь разное число витков».
3. Русу А.П. «Откуда появились базовые схемы преобразователей».
4. Русу А.П. «Как определить размеры магнитопровода дросселя импульсного преобразователя».

5. Русу А.П. «[В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя?](#)»
6. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ электрических процессов в импульсных преобразовате-

лях постоянного напряжения с широтно-импульсным регулированием // Электричество. – 2005. – №9. – С. 43–54.

7. Русу А.П. «[Импульсное преобразование переменного тока](#)».

Окончание в следующем номере

VirtualLink:

виртуальная реальность через USB

William Wong

Electronic Design



VirtualLink – это новый стандарт, использующий альтернативный режим USB Type-C для поддержки устройств виртуальной реальности

Если у вас есть высококачественная гарнитура виртуальной реальности (VR), вероятно, у нее будет несколько кабелей для видео, питания и USB. Это немного громоздко и нестандартно, особенно если речь идет о комбинированном кабеле. Новые системы виртуальной реальности смогут обходиться единственным кабелем, используя альтернативный режим USB Type-C (USB-C). Стандарты альтернативного режима уже существуют для поддержки протоколов HDMI и DisplayPort.

Разъемы USB Type-C появляются в большинстве новых систем – от смартфонов до ноутбуков. Обычно они обеспечивают поддержку USB 3.x, а также части этого стандарта Power Delivery (PD). Это позволяет использовать один кабель и для данных, и для питания.

Поддержка Type-C PD также двунаправленная. Таким образом, устройство, скажем, монитор, подключенный к сетевой розетке,

может обеспечить питание управляющего им ноутбука или смартфона. Вопрос питания гарнитур VR решается просто, поскольку гарнитуры только потребляют энергию, но теперь Power Delivery позволяет сделать это стандартным способом и без отдельного кабеля.

Что привело нас к VirtualLink? VirtualLink – это стандарт, разработанный одноименным консорциумом. Первоначально в разработке проекта участвовали NVIDIA, Valve, Oculus/Facebook, AMD и Microsoft. VirtualLink использует четыре линии HBR3 DisplayPort в альтернативном режиме USB-C для передачи данных дисплеям высокого разрешения, две линии USB 3.1 Gen2 SuperSpeed для камер и датчиков гарнитуры и PD для питания устройств мощностью до 27 Вт.



Новый стандарт призван повысить удобство пользователя, а также обеспечить единый унифицированный интерфейс для гарнитуры VR и поддержку Power Delivery, будь то плата графического процессора или смарт-

фон. Разумеется, внедрение стандарта не сводится к простому использованию чипсетов USB. Для него потребуются наборы микросхем, поддерживающие альтернативные режимы, и в частности, VirtualLink. Аналогично, реализация поддержки другого альтернативного режима для данного устройства потребует других проектных решений и дополнительных затрат. Тем не менее, сторонники VirtualLink в восторге от возможностей этого стандарта.

«Имитация реальности требует невероятной визуальной достоверности и вычислительной мощности, – говорит Джейсон Пол (Jason Paul), генеральный менеджер по играм и виртуальной реальности в NVIDIA. – С помощью одного широкополосного кабеля VirtualLink полностью раскрывает потенциал ПК, позволяя получить потрясающие впечатления от виртуальной реальности».

«С помощью Oculus мы стремимся сделать виртуальную реальность доступной для самых разных людей, – говорит Нейт Митчелл (Nate Mitchell), глава направления Rift компании Oculus. – Объединенная точка подключения имеет решающее значение для устранения барьеров на пути к виртуальной

реальности с мощной поддержкой ПК. С внедрением технологии VirtualLink, созданной специально для виртуальной реальности, мы рассчитываем помочь продвинуть отрасль VR в следующую фазу».

«Мы надеемся, что результаты этого сотрудничества расширят возможности как пользователей, так и всех разработчиков и производителей оборудования», – говорит Пьер-Луф Гриффайс (Pierre-Loup Griffais) из Valve.

«С самого начала мы были вовлечены в обсуждение VirtualLink и поддерживаем стандартные отраслевые подходы для новых возможностей Windows, включая смешанную реальность (Mixed Reality)», – говорит Скотт Эванс (Scott Evans), генеральный менеджер Mixed Reality в Microsoft.

Стандарт VirtualLink также применим к устройствам дополненной реальности (AR) и комбинированным решениям. Пока еще VR-гарнитуры, поддерживающие VirtualLink, находятся на чертежной доске, и не дошли до потребителя. Можно ожидать, что большинство разработчиков новых гарнитур VR использует преимущества этого стандарта. **РЛ**

Развитие навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.



Глобальные и региональные навигационные спутниковые системы

Часть 1

Юрий Петропавловский

Кроме хорошо известной GPS в мире эксплуатируются и другие навигационные спутниковые системы (НСС), в том числе и отечественная ГЛОНАСС. К глобальным НСС (ГНСС), обеспечивающим обслуживание потребителей в любой точке Земли, относятся GPS, ГЛОНАСС и Galileo, еще три НСС – BeiDou, QZSS и NAVIC, выполняют в основ-

ном региональные задачи. Прежде чем переходить к рассмотрению особенностей ГЛОНАСС и ее сравнению с GPS, имеет смысл коротко ознакомиться и с особенностями других НСС, с двумя из которых (Galileo, BeiDou) в России разрабатываются совместные навигационные решения. В Таблице 1 приведены самые основные характеристики

Таблица 1. Основные характеристики действующих спутниковых навигационных систем

НСС	Число КА	Высота орбиты, км	Виды услуг	Частоты сигналов, МГц	Модуляция
GPS (США)	31 на август 2018 г.	20,200	SPS, PPS	1575.42 1227.6 1176.45	BPSK, BOC, TMSK
ГЛОНАСС (Россия)	24 на 2018 г.	19,100	SPS, PPS	1600.995 1248.06 1202.025	BPSK, BOC
Galileo (Евросюз)	26 на 2018 г.	23,222	OS, CS, PRS	1575.42 1272.75 1191.79	BOC, MBOC, AltBOC
BeiDou (КНР)	36 на сентябрь 2018 г.	35,786 (BD-1); 21,528 (BD-2); 35,786 (BD-3)	OS, PPS, региональные	1575.42 1191.79 1268.52	BOC, MBOC, AltBOC, QPSK
QZSS (Япония)	4 на 2018 г.	32,000	SRS, передача данных, связь	1575.42 1227.6 1176.45 1278.75	BPSK, BOC
NAVIC (Индия)	8 на 2018 г.	35,786	SRS, PPS	1176.45 2492.028	BPSK, BOC

действующих НСС. Приведем значения аббревиатур, используемых в таблице и специальной литературе.

- SPS (Standard Position Service) – услуги стандартного позиционирования. Предоставляются всем потребителям [GPS] бесплатно. Аналог в НСС Galileo – OS (Open Service). Следует особо отметить, что точность определения координат по услуге SPS по желанию владельца НСС GPS – Министерства Обороны США – и по другим причинам может быть снижена на определенных территориях, например, во время проведения военных операций.
- PPS (Precise Position Service) – услуги точного позиционирования для санкционированных потребителей (в GPS – исключительно для вооруженных сил и федеральных агентов США и некоторых союзников).
- CS (Commercial Service) – платные услуги для высокоточной навигации в НСС Galileo.
- PRS (Public Regulated Service) – услуги с доступом, регулируемым государством в НСС Galileo.
- BPSK (Binary Phase Shift Keying) – двухпозиционная фазовая манипуляция.
- BOC (Binary Offset Carrier) – бинарная фазовая манипуляция с цифровой поднесущей.
- TBOC (Time Multiplexed BOC) – модуляция BOC с временным мультиплексированием.
- MBOC, AltBOC – разновидности модуляции BOC.
- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) – квадратурная фазовая манипуляция.

Коротко рассмотрим особенности создания и некоторые характеристики действующих НСС (кроме GPS и ГЛОНАСС) более подробно.

Galileo – глобальная НСС, созданная Европейским Союзом для обеспечения независимости стран-членов объединения в областях координатно-временных и навигационных приложений. В проекте участвуют и другие страны. Программа создания этой системы была официально утверждена Еврокомиссией в 1994 году. Работа велась в двух направлениях – создание систем функциональных дополнений существующих НСС GPS и ГЛОНАСС и создание собственной глобальной НСС на принципах государственно-частного партнерства. Первые эксперимен-

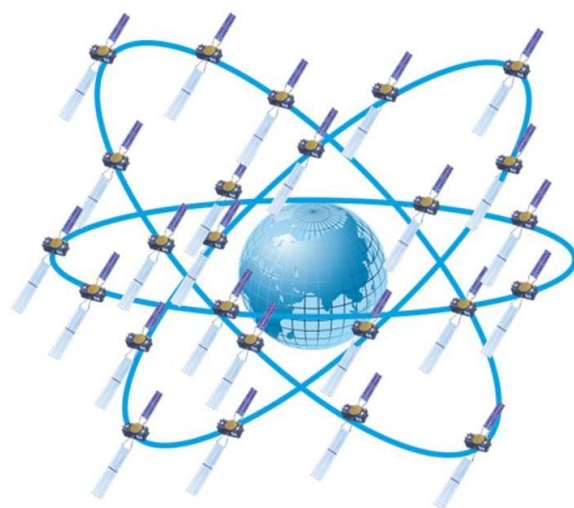


Рисунок 1. Схема орбитальной группировки Galileo.

тальные спутники системы были выведены на орбиту в 2005 и 2008 годах.

Два первых рабочих космических аппарата (КА) запущены ракетой «Союз-СТ-Б» с космодрома Куру (Французская Гвиана) в октябре 2011 г, в дальнейшем КА Galileo запускались ракетами «Союз-ФГ» (Фрегат), «Союз-СТ-Б» и «Ариан-5» (с 2016 г). Полная орбитальная группировка должна состоять из 27 КА (3 резервных) на трех круговых орбитах высотой 23,229 км с периодом обращения 14 часов и наклоном 56°. Передатчики КА Galileo излучают сигналы с различной длительностью кода (4096, 5115, 10230 символов) со скоростью 50-500 бит/с и различными разновидностями модуляции BOC. Схема орбитальной группировки Galileo приведена на Рисунке 1.

Кроме услуг, перечисленных в таблице, НСС Galileo дополнительно предоставляет службы повышенной надежности (SoL) для авиации, судовой навигации и поисково-спасательной службы (SAR) для обеспечения приема сигналов бедствия.

Наземный комплекс управления Galileo состоит из сети станций различного назначения и двух центров управления в Германии и Италии. Станции управления сосредоточены в основном в Европе, отдельные станции расположены на других континентах (в основном на островах), в России и Азии станций нет. Кроме станций различного назначения НСС Galileo располагает специализированными центрами управления, испытаний и мониторинга в Бельгии, Франции, Нидерландах, Германии и Испании.



Рисунок 2. Навигационный приемник NL3333 производства компании НАВИА.

Поскольку НСС Galileo введена в эксплуатацию сравнительно недавно (официально 15 декабря 2016 г.), найти для нее практическое применение в массовых приложениях непросто, так этот рынок уже давно занят устройствами с GPS. Тем не менее, навигационные устройства с поддержкой Galileo уже не редкость, специализированные модули (чипсеты) для этой цели выпускают такие фирмы, как STMicroelectronics, MediaTek и другие, а также отечественная компания ООО «ПетроИнТрейд» под торговой маркой НАВИА. Для примера на Рисунке 2 показан один из таких модулей – современный навигационный приемник NL3333. Прибор выполнен в корпусе с габаритами 8.7 мм × 9.5 мм на базе чипсета MT3333 фирмы MediaTek (Тайвань). Приемник обеспечивает работу с сигналами НСС GPS, ГЛОНАСС, Galileo, QZSS, а в перспективе и с BeiDou. Прибор отличается низким энергопотреблением (порядка 20 мА при напряжении питания 2.8 В) и высо-



Рисунок 3. Старт ракеты «Ариан-5» со спутниками Galileo.

кой чувствительностью (–165 дБм). Точность определения координат без дифференциальных поправок составляет 3 метра.

К сожалению, в начале 2017 года выяснилось, что в КА спутниковой группировки вышли из строя 10 атомных часов, однако эта поломка не отразилась на работоспособности всей системы благодаря резервированию (при двух атомных часах на КА используются только одни). Расследование происшествия заняло несколько месяцев, и 25 июля 2018 года ракетой «Ариан-5» с космодрома Куру были успешно выведены на орбиту 4 спутника, а их общее число достигло 26. На Рисунке 3 показан старт «Ариан-5» со спутниками Galileo. **РЛ**

Окончание в следующем номере

Новая архитектура инструментального усилителя с полностью дифференциальным выходом

Rusty Juskiewicz, Analog Devices

Analog Dialogue



Вопрос:

Можно ли, используя инструментальный усилитель, получить дифференциальный выходной сигнал?

Ответ:

Стремление к повышению точности измерений диктует необходимость в полностью дифференциальных компонентах сигнальной цепи, одним из основных преимуществ которых является подавление помех, возникающих на пути прохождения сигнала. Кроме того, размах дифференциального сигнала может быть вдвое больше, чем несимметричного сигнала при том же напряжении источника питания. Поэтому при полностью дифференциальном сигнале отношение сигнал/шум выше. Классическая схема инструментального усилителя (ИУ) на трех операционных усилителях (Рисунок 1) имеет множество преимуществ, включая хорошее подавление синфазных сигналов, высокий входной импеданс и точное (регулируемое) усиление, но там, где требуется полностью диф-

ференциальный выход, она использоваться не может. Существует несколько методов построения полностью дифференциального ИУ из стандартных компонентов. Однако у каждого есть свои недостатки.

Один из методов заключается в управлении опорным выводом с помощью операционного усилителя (ОУ), неинвертирующий вход которого подключен к линии управления синфазным напряжением (V_{OUT_CM}), а инвертирующий – к средней точке двух согласованных резисторов, соединяющих выходы друг с другом (Рисунок 2). В этой конфигурации выход ИУ используется как положительный выход, а выход ОУ – как отрицательный. Поскольку два выхода представлены разными усилителями, несовпадение динамических параметров этих усилителей может существенно влиять на общие характеристики схемы. Кроме того, согласование двух резисторов приводит к тому, что выходное синфаз-

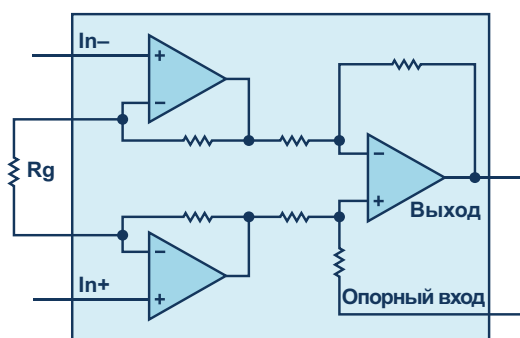


Рисунок 1. Классический инструментальный усилитель.

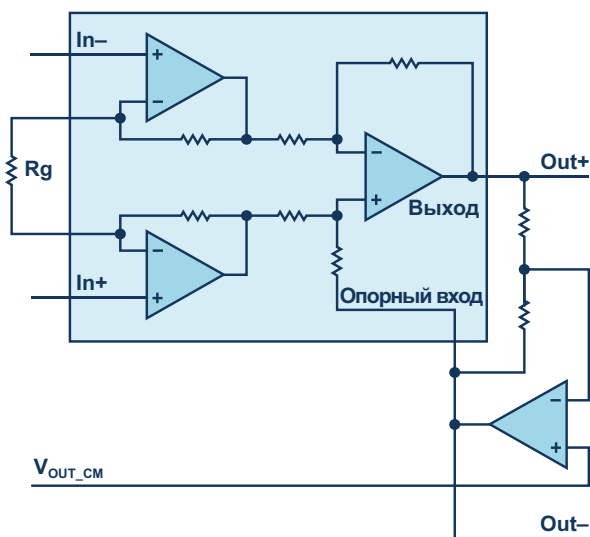


Рисунок 2. Использование внешнего операционного усилителя для формирования инвертирующего выхода.

ное напряжение смещается вместе с выходным сигналом, что может стать причиной искажений. При выборе усилителей для такой схемы необходимо помнить про их устойчивость. Возможно, операционному усилителю потребуется конденсатор обратной связи, который будет ограничивать общую полосу пропускания схемы. И, нако-

нец, диапазон коэффициентов усиления этой схемы определяется инструментальным усилителем. Поэтому получить усиление меньше единицы здесь невозможно.

Другой метод состоит в том, чтобы параллельно подключить два инструментальных усилителя, соединив их входы так, как показано на (Рисунке 3). Согласованность усилительных каскадов и частотные характеристики этой конфигурации лучше, чем в предыдущей схеме. Однако ее коэффициент усиления не может быть меньше двух. Для получения чисто дифференциального сигнала эта схема также требует точного согласования резисторов, задающих коэффициент усиления. Несогласованность резисторов приводит к сдвигу уровня выходного синфазного напряжения, с теми же последствиями, что и в случае предыдущей схемы.

Таким образом, эти два подхода ограничивают выбор коэффициентов усиления и требуют согласования номиналов компонентов.

Новый метод перекрестного соединения

При показанном на Рисунке 4 перекрестном соединении двух инструментальных усилителей эта новая схема обеспечивает

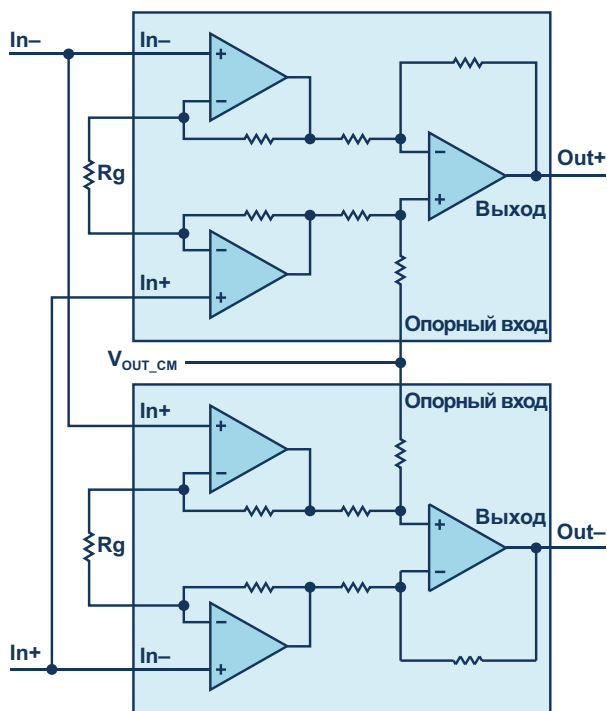


Рисунок 3. Использование второго инструментального усилителя для формирования инвертирующего выхода.

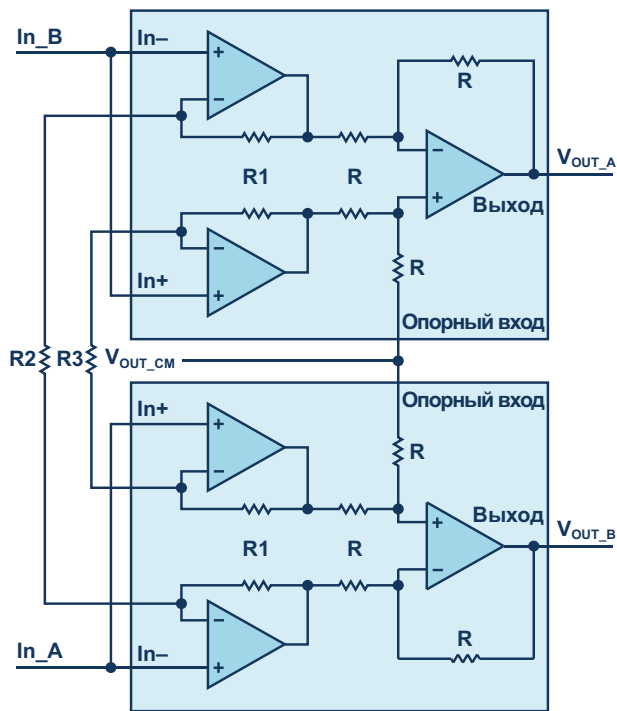


Рисунок 4. Перекрестное соединение – решение для создания дифференциального выхода у инструментального усилителя.

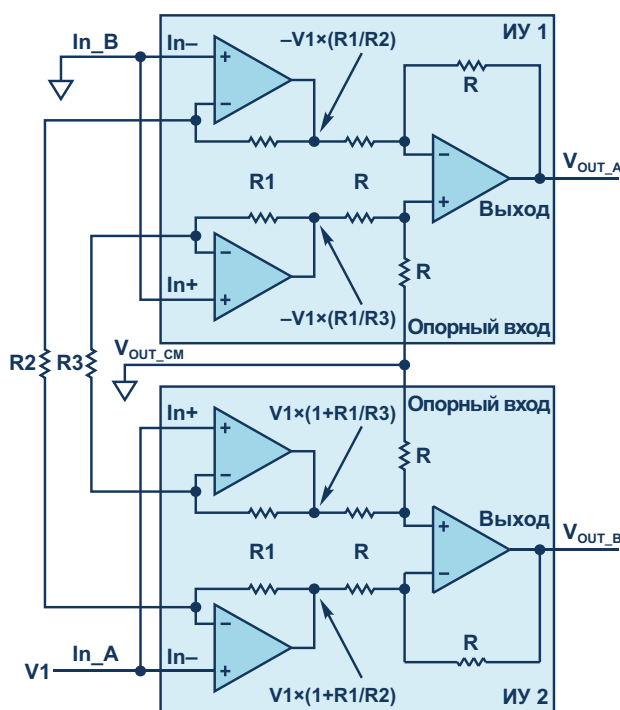


Рисунок 5. Самым важным для перекрестного соединения является согласованность внутренних резисторов инструментальных усилителей.

полностью дифференциальный выход с точным коэффициентом усиления или ослабления, устанавливаемым с помощью единственного резистора. При объединении двух опорных выводов пользователь получает возможность регулировать уровень выходного синфазного напряжения.

Коэффициент усиления G для входа In_A выводится на основании приведенных ниже выражений. Ввиду того, что входное напряжение подается на неинвертирующие выходы входных буферов «ИУ 2» (Рисунок 5), а напряжения на других концах резисторов $R2$ и $R3$ равны 0 В , усиление этих буферов соответствует формуле для неинвертирующей конфигурации ОУ. Аналогично, усиление входных буферов «ИУ 1» описывается формулой для инвертирующей конфигурации ОУ. Поскольку сопротивления всех резисторов дифференциального усилителя согласованы, коэффициенты усиления выходных буферов равны единице.

$$V_{OUT_A} = V \frac{R1}{R3} \frac{R1}{R2},$$

$$V_{OUT_B} = V \frac{R1}{R3} \frac{R1}{R2}.$$

В силу симметрии, если напряжение $V2$ приложено к входу In_B при заземленном In_A , результат будет следующим:

$$V_{OUT_A} = V2 \frac{R1}{R3} \frac{R1}{R2},$$

$$V_{OUT_B} = V2 \frac{R1}{R3} \frac{R1}{R2}.$$

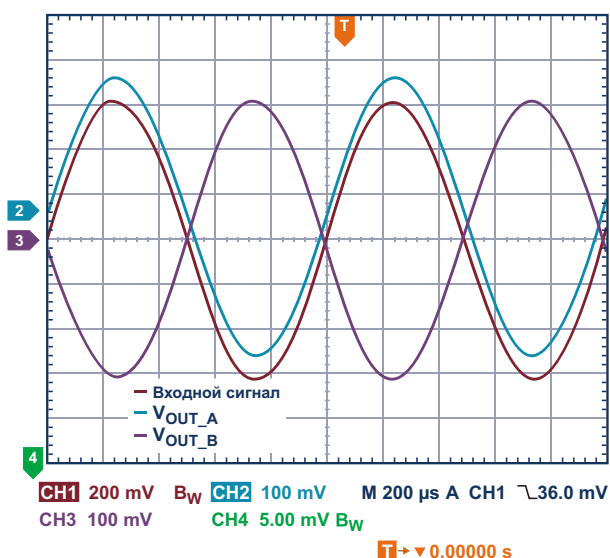
Объединив два результата, получаем выражение для коэффициента усиления G схемы на Рисунок 5:

$$V_{IN} = In_A, In_B, V1, V2,$$

$$V_{OUT} = V_{OUT_A}, V_{OUT_B},$$

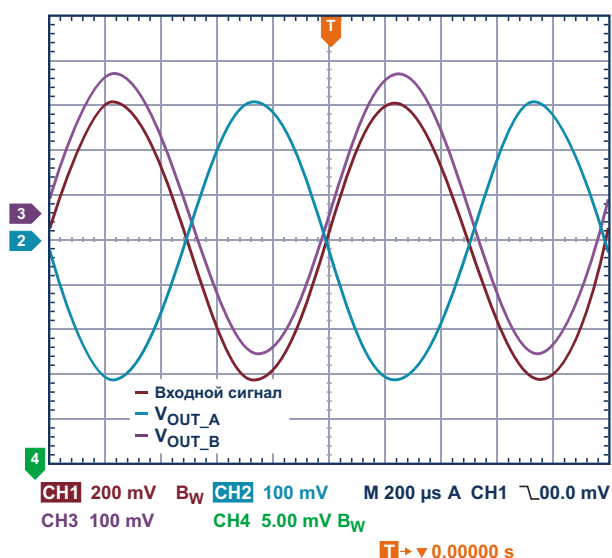
$$G = 2 \frac{R1}{R2} \frac{R1}{R3}.$$

Резисторы $R3$ и $R2$ определяют усиление схемы, и только один из них необходим для получения полностью дифференциального сигнала. От того, какой из резисторов будет установлен, зависит полярность выходного напряжения. Если не устанавливать резистор $R3$, второй член выражения для коэффициента усиления будет равен нулю. Поэтому результирующий коэффициент усиления будет равен $2 \times R1/R2$. При отсутствии $R2$ в ноль обращается первый член выражения.



Примечание: для удобства наблюдения сигнал V_{OUT_A} смещен по вертикали вверх.

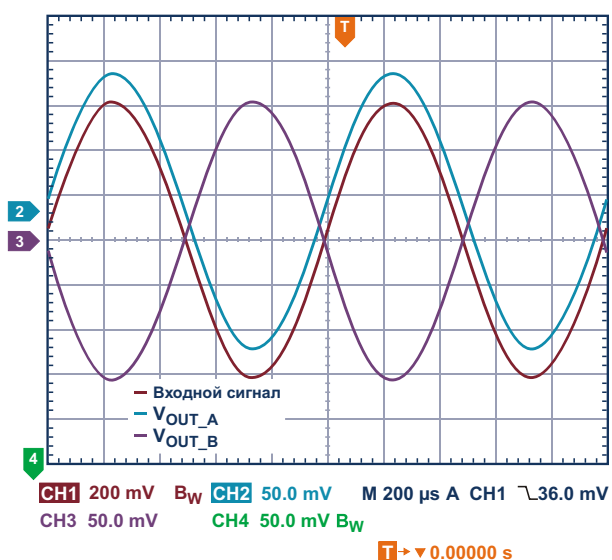
Рисунок 6. Результаты измерений в схеме с перекрестным соединением инструментальных усилителей при $G = 1$.



Примечание: для удобства наблюдения сигнал V_{OUT_B} смещен по вертикали вверх.

Рисунок 7. Результаты измерений в схеме с перекрестным соединением инструментальных усилителей при $G = -1$.

В этом случае результирующий коэффициент усиления будет равен $-2 \times R1/R3$. Еще один момент, на который следует обратить внимание, это то, что усиление выражается чистым отношением, и поэтому можно получить коэффициент усиления меньше единицы. Только имейте в виду, что, поскольку влияние резисторов R2 и R3 на усиление противоположно, при подключении обоих этих резис-



Примечание: для удобства наблюдения сигнал V_{OUT_A} смещен по вертикали вверх.

Рисунок 8. Результаты измерений в схеме с перекрестным соединением инструментальных усилителей при $G = 1/2$.

торов усиление первого каскада будет больше, чем выходного. Неудачный выбор сопротивлений резисторов может увеличить выходное смещение, обусловленное операционными усилителями первого каскада.

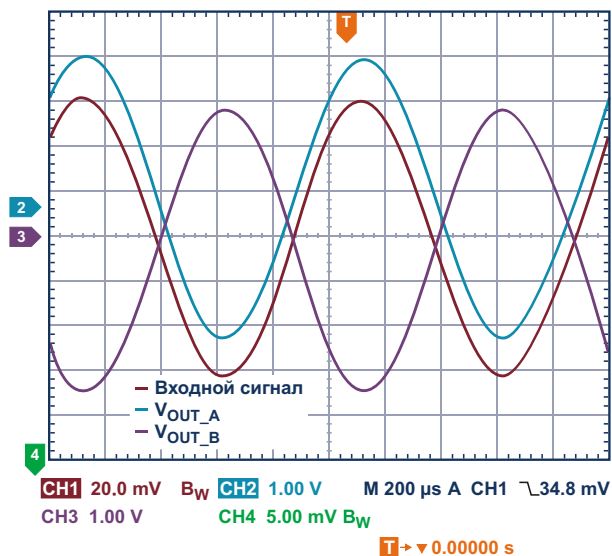
Для демонстрации использования этой схемы были соединены два инструментальных усилителя AD8221. Указанное в справочных материалах сопротивление резистора R1 равно 24.7 кОм. Это означает, что при R2 = 49.4 кОм можно получить усиление, равное двум.

На Рисунке 6 CH1 – это сигнал на входе In_A, CH2 – на выходе V_{OUT_A}, а CH3 – на выходе V_{OUT_B}. Выходы А и В согласованы и противофазны, а разность равна величине входного сигнала.

Далее, перенеся 49.4 кОм из R2 в R3, получаем новый коэффициент усиления схемы, равный -1 . Теперь противоположны фазы Out_A и входного сигнала, а разность между выходами равна величине входного сигнала (Рисунок 7).

Как уже отмечалось выше, одним из ограничений других методов является невозможность аттенюации сигнала. Согласно формуле для коэффициента усиления, при R2 = 98.8 кОм схема ослабляет сигнал в два раза (Рисунок 8).

И, наконец, чтобы получить высокий коэффициент усиления $G = 100$, было выбрано R2 = 494 Ом (Рисунок 9).



Примечание: для удобства наблюдения сигнал V_{OUT_A} смещен по вертикали вверх.

Рисунок 9. Результаты измерений в схеме с перекрестным соединением инструментальных усилителей при $G = 100$.

Поведение схемы соответствует формуле для коэффициента усиления. Для достижения оптимальных характеристик этой схемы необходимо помнить о некоторых вещах. Отклонение от номинала и температурный дрейф сопротивлений резисторов, определяющих коэффициент усиления, добавляются к ошибке усиления ИУ, поэтому выбор этих резисторов должен основываться на требуемых уровнях точности. Поскольку емкости на выводах R_g инструментального усилителя могут оказывать негативное влияние на частотные характеристики, при проектировании высокочастотных схем на эти узлы следует обращать особое внимание. Кроме того, разность температур корпусов двух инструментальных усилителей может вызывать сдвиг выходного уровня в системе из-за дрейфа смещения, поэтому компоновка и разводка платы имеют здесь особое значение. Преодолеть эти потенциальные проблемы поможет использование сдвоенного ИУ, такого, например, как AD8222.

Заключение

Метод перекрестного соединения не только поддерживает требуемые характеристики инструментального усилителя, но и предоставляет при этом дополнительные функции. Хотя во всех рассмотренных примерах схемы имеют дифференциальный выход, в схеме с перекрестными соединениями, в отличие от других архитектур, несогласованность пар резисторов не влияет на синфазную составляющую выходного сигнала. Кроме того, как показывает формула для усиления, имеется возможность ослабления дифференциального сигнала, благодаря чему устраняется необходимость в усилителе-аттенуаторе, который требовался раньше в подобных схемах. И, наконец, полярность выходного сигнала определяется местом подключения резистора, задающего коэффициент усиления (R_2 или R_3), что дает пользователю дополнительную гибкость. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8221](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD8222](#)

DSO и DPO: В чем отличие?

Johnnie Hancock, Keysight Technologies

Electronic Design

Осциллограф с цифровым люминофором одновременно является цифровым запоминающим осциллографом, и обратное утверждение также справедливо. Так чем же они отличаются друг от друга?

DSO означает цифровой запоминающий осциллограф (digital storage oscilloscope). DPO означает осциллограф с цифровым люминофором (digital phosphor oscilloscope). DPO также может работать как DSO. И DSO может работать как DPO. Так что же такое DSO, и что такое DPO?

DSO, как правило, является стробоскопическим осциллографом реального времени. Выборка в реальном времени просто означает, что осциллограф способен захватывать сигналы за один раз, используя высокую частоту дискретизации аналого-цифрового преобразователя с (АЦП). Другими словами, DSO не использует повторяющиеся выборки для «накопления» их количества, достаточного для представления исследуемого сигнала (выборка в эквивалентном масштабе времени), хотя это правило имеет исключения.

Как упоминалось ранее, DPO также работает как DSO. Но DPO добавляет еще один элемент, который позволяет ему лучше представлять третье измерение сигнала. Первые два очевидных измерения — напряжение и время. Третье, и менее очевидное измерение — это частота появления, которая представляется интенсивностью луча на экране осциллографа.

Если вы застали старые времена аналоговых осциллографов, вы можете вспомнить, что эти осциллографы могли отображать

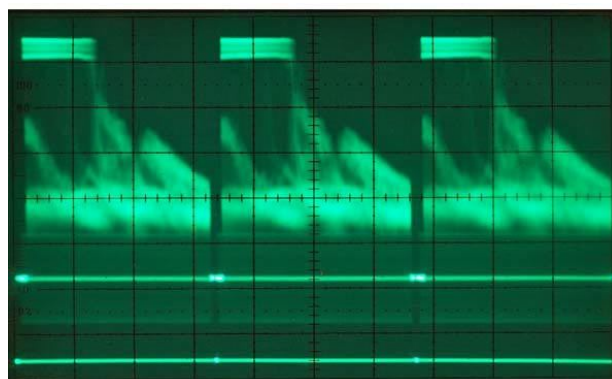


Рисунок 1. Аналоговые осциллографы могут отображать градации интенсивности луча, особенно для аналоговых сигналов со сложной модуляцией.

градации интенсивности луча. Это может дать ценную информацию об истинных аналоговых характеристиках исследуемого сигнала. Это особенно актуально для аналоговых сигналов со сложными видами модуляции (Рисунок 1), а также для цифровых сигналов, которые содержат определенное количество шума и/или джиттера.

При более старой аналоговой технологии вариации интенсивности луча были естественным явлением, основанном на том, сколько времени электронный луч оставался в XY-области на внутренней поверхности электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Когда элек-

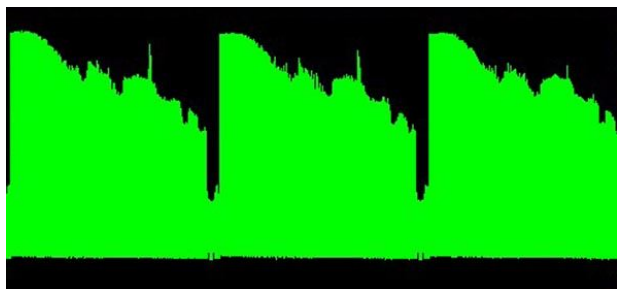


Рисунок 2. Первые DSO были неспособны отображать интенсивность луча.

троны ударяют в люминофор, люминофор начинает светиться. Чем больше электронов попадает на люминофор в определенной области ЭЛТ в течение определенного промежутка времени, тем ярче он светится.

Когда DSO родились в начале 1980-х годов, это третье измерение интенсивности луча первоначально было потеряно (Рисунок 2). По мере развития технологии изготовители осциллографов разработали методику, которая могла близко имитировать качество отображения аналоговых осциллографов, используя для возврата третьего измерения цифровую обработку сигналов (Рисунок 3).

По сути, путем вычисления количества необходимых попаданий (цифровых выборок) в определенные XY-области битового поля, иногда называемые ведрами, можно в цифровом виде изменять интенсивность пикселей для имитации модуляции интенсивности луча на люминофоре. Этим и объясня-

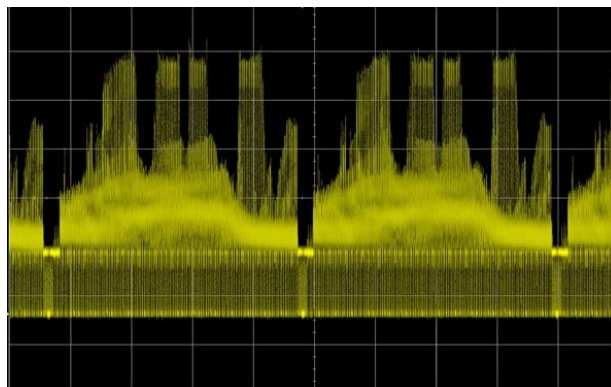


Рисунок 3. В современных осциллографах для отображения интенсивности луча используется цифровая обработка сигналов.

ется происхождение термина «осциллограф с цифровым люминофором» (DPO).

Так почему же такие компании, как Keysight, не включают DPO в свой список продуктов? На самом деле, они это делают. Но они не называют их DPO. Почти во всех DSO компании Keysight реализована модуляция интенсивности луча. Фактически, технология экранов осциллографов компании, как утверждается, обеспечивает высочайшее качество модуляции интенсивности луча благодаря высокой частоте обновления осциллограмм с глубокими захватами памяти. Это обеспечивает большее количество попаданий в XY-области (ведра) за более короткое время, и, соответственно, более высокий уровень статистической информации, на которой основывается интенсивность пикселей. **РЛ**

7 января 1927 года заработала первая трансатлантическая линия телефонной связи

Suzanne Deffree

EDN

7 января 1927 года компания, известная теперь как AT&T, впервые установила коммерческую телефонную связь между Северной Америкой и Европой.

С помощью радио компания American Telephone and Telegraph провела двустороннюю беседу между Нью-Йорком и Лондоном. По обе стороны линии находились Уолтер С. Гиффорд (Walter S Gifford), президент AT&T, в Нью-Йорке, и сэр Эвелин Мюррей (Evelyn Murray), секретарь Главпочтамта, в ведении



Президент AT&T Уолтер С. Гиффорд. (Фото Библиотеки Конгресса).

которого в то время находилась британская телефонная сеть.

Вы можете услышать их разговор на сайте Канала истории.

Путь к этому достижению был очень долгим. В 1915 году инженеры Bell System осуществили первую передачу голоса через Атлантику, соединив на короткое время Вирджинию и Париж. В 1916 году они провели первый двусторонний разговор с находящимся в море кораблем. Однако с началом Первой мировой войны ограничения на доступность технологий и материалов приостановили эту работу.

Затем, в 1926 году, был организован первый двусторонний разговор через Атлантику, за которым последовала коммерческая трансатлантическая телефонная связь в 1927 году.

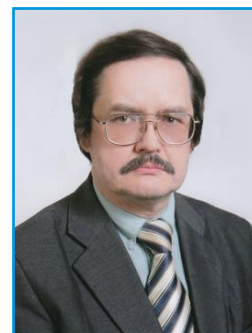
После того, как Гиффорд и Мюррей завершили сою беседу, за ними последовали подписчики, забронировавшие звонки на этот день. В течение следующих нескольких лет сервис проник в Северную Америку и Европу. В 1929 году SS Leviathan стал первым океанским лайнером, предложившим услуги радиотелефонной связи своим пассажирам

и экипажу. Затем трансокеанская телефонная связь достигла Тихого океана, придя в 1931 году на Гавайи, а вслед за ними – в Японию в 1934 году.

И, наконец, AT&T отметила 1935 год первым в мире телефонным звонком, сделан-

ным через созданную ею глобальную сеть телефонной связи. При этом голоса Гиффорда и вице-президента AT&T Т. Миллера (T Miller), которые находились в разных комнатах одного здания, путешествовали по всему земному шару. **РЛ**

Индикатор и реле отключения или обрыва нагрузки



Михаил Шустов, г. Томск

Приведены схемы устройств аудиовизуальной индикации или релейной защиты, срабатывающей при отключении или обрыве цепи нагрузки

Неплановое или штатное отключение цепи нагрузки, включая ее обрыв, может повлечь вполне предсказуемые последствия [1]. В частности, целый ряд импульсных источников питания не может работать без нагрузки. Перегорание ламп автомобильных фар, не замеченное вовремя, может обернуться серьезным дорожно-транспортным происшествием. При эксплуатации многочисленного класса мультимедийных изделий с внешним питанием от USB-зарядных устройств пользователь чаще всего отключает сам девайс, не отключая от сети зарядное устройство. Такое устройство в силу нека-

чественной элементной базы, попадания воды или в результате скачка напряжения в сети может стать источником пожара.

На Рисунке 1 приведена схема релейной защиты, срабатывающей при отключении или обрыве цепи нагрузки. В исходном состоянии, когда выключатель SA1 разомкнут и цепь нагрузки исправна и подключена, ток через нагрузку создает падение напряжения на индикаторе тока – диоде VD2. Это напряжение через резистор R3 приложено к управляющему переходу транзистора VT2. В силу того, что сопротивление резистора R1, подключенного параллельно

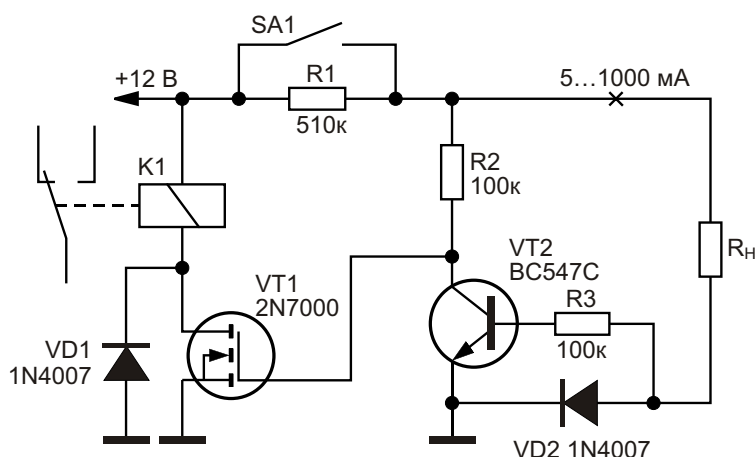


Рисунок 1. Релейная схема, срабатывающая на отключение или обрыв сопротивления нагрузки.

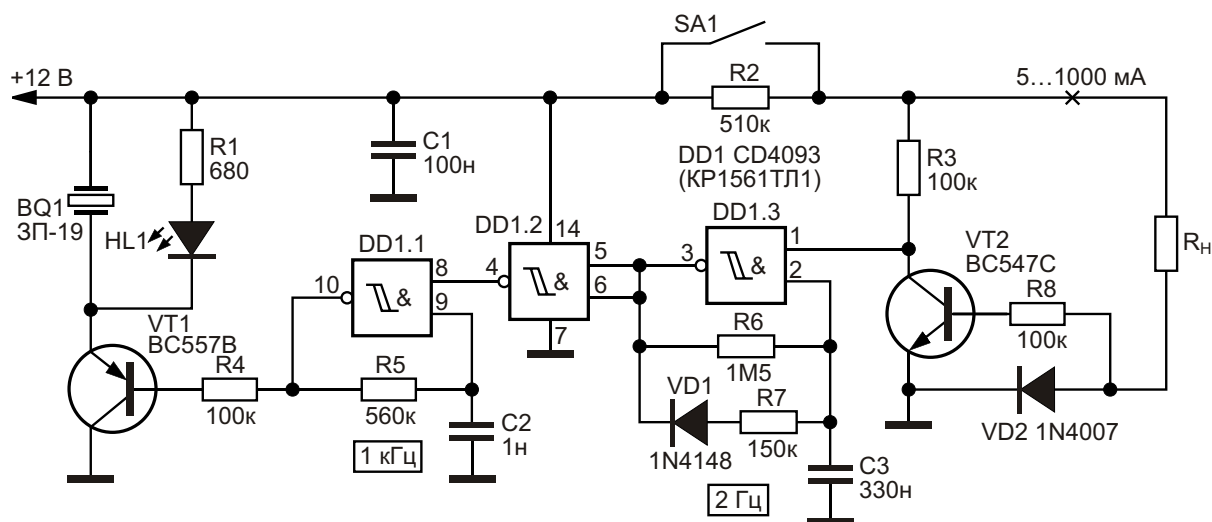


Рисунок 2. Аудиовизуальный индикатор обрыва или отключения нагрузки.

выключателю SA1, на несколько порядков выше сопротивления нагрузки (от 12 до 2000 Ом), напряжение на коллекторе транзистора VT2 близко к нулю. Соответственно, транзистор VT1 заперт, ток через обмотку реле K1 не протекает.

Предположим, что при разомкнутом выключателе SA1 произошел обрыв нагрузки. Тогда транзистор VT2 остается закрытым, ток через него не протекает, напряжение на коллекторе будет равно напряжению питания. Транзистор VT1 открывается, срабатывает реле K1, включая своими контактами систему сигнализации, либо отключая источник питания. Разумеется, что при этом отключается и сама релейная защита, поэтому для отключения источника питания потребуются второе реле, управляемое от реле K1. Диод VD1 защищает транзистор VT1 от бросков напряжения при коммутации реле.

Рассмотрим варианты работы устройства при замкнутом выключателе SA1. Предположим, что цепь нагрузки исправна. Через сопротивление нагрузки протекает ток, падение напряжения на датчике тока – диоде VD2 в диапазоне токов от 5 мА до 1 А обеспечивает открытое состояние транзистора VT2. Нижняя граница тока 5 мА определяется порогом открывания транзистора VT2. Верхняя граница (1 А) обусловлена максимально допустимым током через диод VT2 и может быть расширена использованием диода, рассчитанного на более высокий прямой ток.

Поскольку транзистор VT2 открыт, напряжение на его коллекторе минимально, следовательно, транзистор VT1 закрыт, и реле K1 обесточено. При обрыве нагрузки транзистор VT2 закрывается, напряжение на его коллекторе возрастает до напряжения питания, транзистор VT1 открывается, включая реле K1.

Второе устройство (Рисунок 2) предназначено для аудиовизуальной индикации обрыва или отключения сопротивления нагрузки. Его входные цепи (транзистор VT2, датчик тока – диод VD2 и другие элементы) идентичны первому устройству, поэтому на описании процессов, происходящих при включении/отключении элементов SA1 и R_H , останавливаться не будем. Отметим только, что в зависимости от состояния элементов SA1 и R_H на коллекторе транзистора VT1 будет устанавливаться состояние логического нуля или единицы, управляющее работой схемы индикации.

На элементе DD1.3 микросхемы CD4093 (KP1561ТЛ1) выполнен генератор прямоугольных импульсов. Генератор вырабатывает короткие импульсы на частоте 2 Гц с коэффициентом заполнения 10%. Величина этого коэффициента задается резистором R7.

Элемент DD1.2 выполняет функцию инвертора, управляющего работой второго, звукового генератора импульсов, выполненного на элементе DD1.3. Этот генератор работает на частоте 1 кГц. При обрыве цепи нагрузки устройство индикации активизируется: короткие пакеты импульсов поступают на базу тран-

зистора VT1, в цепь нагрузки которого включен через токоограничивающий резистор R1 светодиод HL1, а также пьезокерамический капсюль ВQ1 (ЗП-19 или ему подобный).

Представленные в статье схемные решения могут быть использованы при создании охранных систем. Для этого в качестве сопротивления нагрузки используется шлейф тонкого провода, обрыв которого приведет к срабатыванию системы сигнализации. **РЛ**

Литература

1. Шустов М.А. Практическая схемотехника. Контроль и защита источников питания. – М.: Altex-A, 2002. – Кн. 4. – 176 с.; М.: Додэка-XXI–Altex, 2007. – 184 с. (II изд.).

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4093B](#)
2. [Datasheet Vishay 2N7000](#)

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование

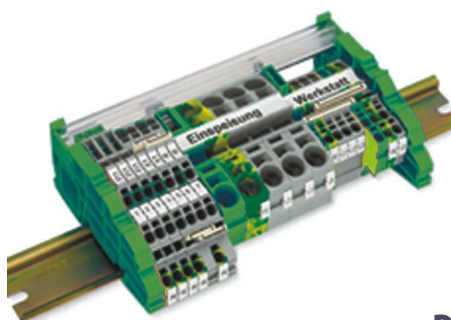


»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



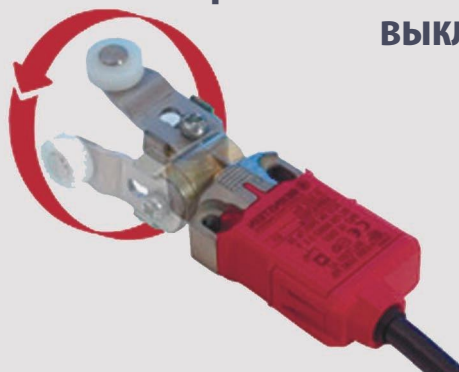
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат

BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

WWW.DECIMA.RU

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

Мощный двухканальный монолитный понижающий преобразователь с током потребления 6.2 мкА

Hua (Walker) Bai, Linear Technology

Design Note 1044

42-вольтовый двухканальный синхронный регулятор LT8650S семейства Silent Switcher 2 с выходными токами 4 А и диапазоном входных напряжений от 3 В до 42 В является идеальным компонентом для понижающих преобразователей в автомобильных, промышленных и других приложениях. Микросхема стабилизирует выходные напряжения, потребляя лишь 6.2 мкА, что особенно важно для автомобильного оборудования, постоянно включенные системы которого

могут разрядить аккумуляторную батарею, даже когда автомобиль не работает. Для многих импульсных регуляторов могут стать проблемой электромагнитные помехи, если конструкция печатной платы не соответствует строгим стандартам разводки. Это не относится к архитектуре Silent Switcher 2, где предписания автомобильных стандартов в отношении излучаемых электромагнитных помех легко выполняются с минимальными требованиями к компоновке.

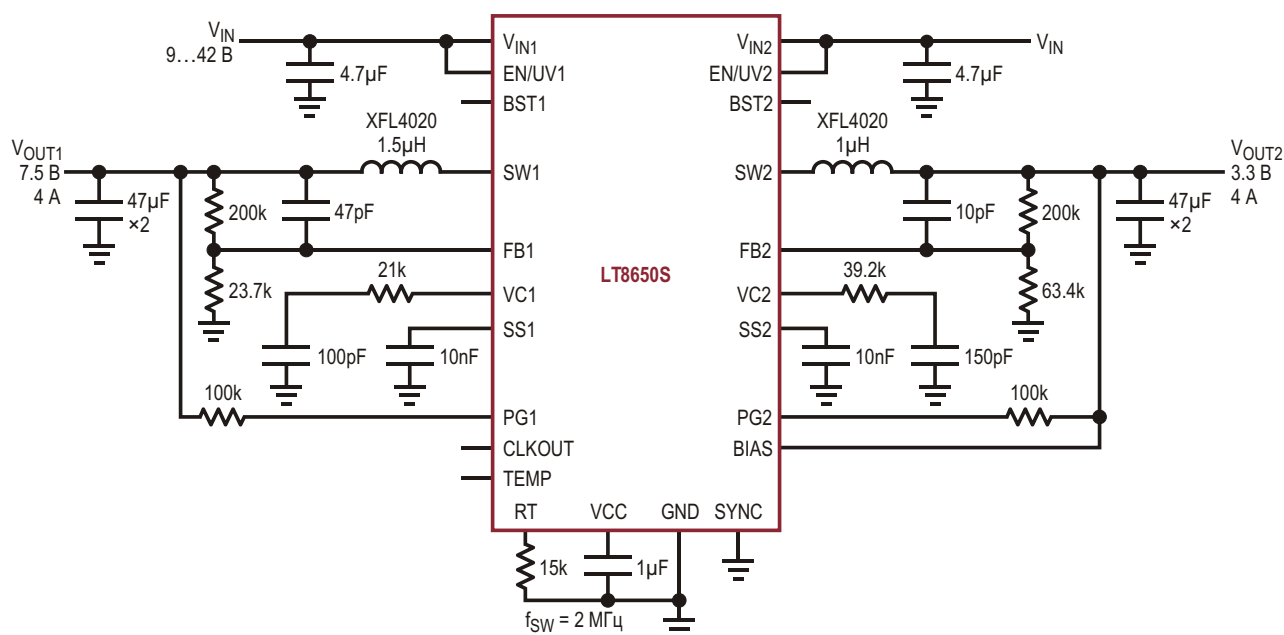


Рисунок 1. Преобразователь 7.5 В/4 А и 3.3 В/4 А с быстрой реакцией на переходные процессы.

Преобразователь 7.5 В/4 А и 3.3 В/4 А с быстрой переходной характеристикой

На Рисунке 1 показан регулятор с двумя выходами, конструкция которого оптимизирована для минимизации времени реакции на переходные процессы. Хотя LT8650S содержит внутренние цепи частотной коррекции, для улучшения переходной характеристики и снижения амплитуды выбросов в схеме использована внешняя коррекция. Высокая частота переключения 2 МГц расширяет полосу пропускания петли обратной связи и улучшает переходную характеристику. Реакция схемы на скачок тока нагрузки от 0 А до 4 А иллюстрируется осциллограммой на Рисунке 2, из которой видно, что на обоих выходах 3.3 В и 7.5 В напряжение проседает менее чем на 100 мВ. Такой отклик в сочетании с высокой начальной точностью обеспечивает соблюдение жестких допусков на величину выходного напряжения V_{OUT} .

При параллельном соединении каналов схема отдает 8 А, оставаясь холодной

В корпусе модуля LT8650S, имеющем размеры 4 мм × 6 мм, содержатся два синхронных понижающих преобразователя. Два выхода можно легко соединить параллельно (Рисунок 3), чтобы получить сильноточное

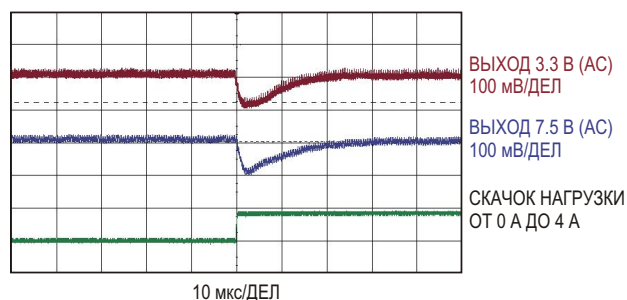


Рисунок 2. Отклик схемы на Рисунке 1 на скачок тока нагрузки от 0 А до 4 А. (Пульсирующий режим работы).

устройство с выходной мощностью 72 Вт и входным напряжением 24 В. КПД схемы при полной нагрузке составляет 95%. Термограмма печатной платы представлена на Рисунке 4. Самая горячая часть микросхе-

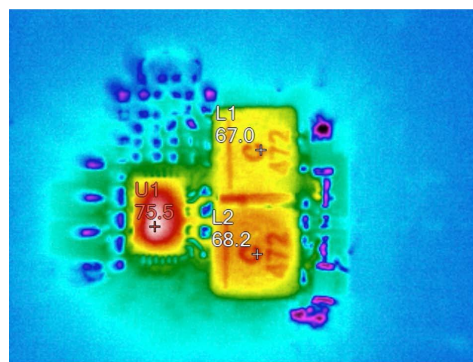


Рисунок 4. Термограмма схемы на Рисунке 3.

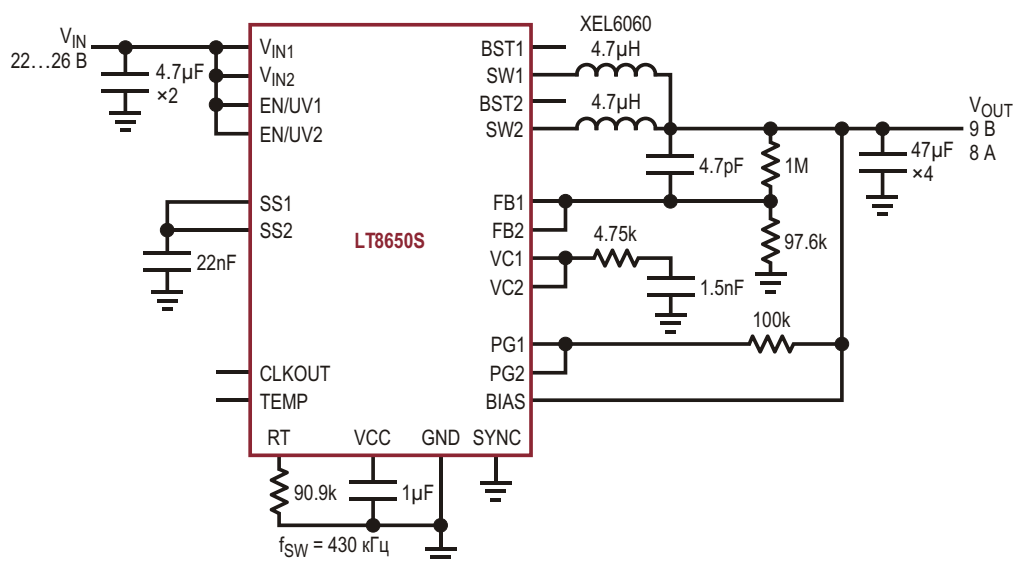


Рисунок 3. При параллельном соединении каналов преобразователь 24 В/9 В, не перегреваясь, отдает в нагрузку 8 А.

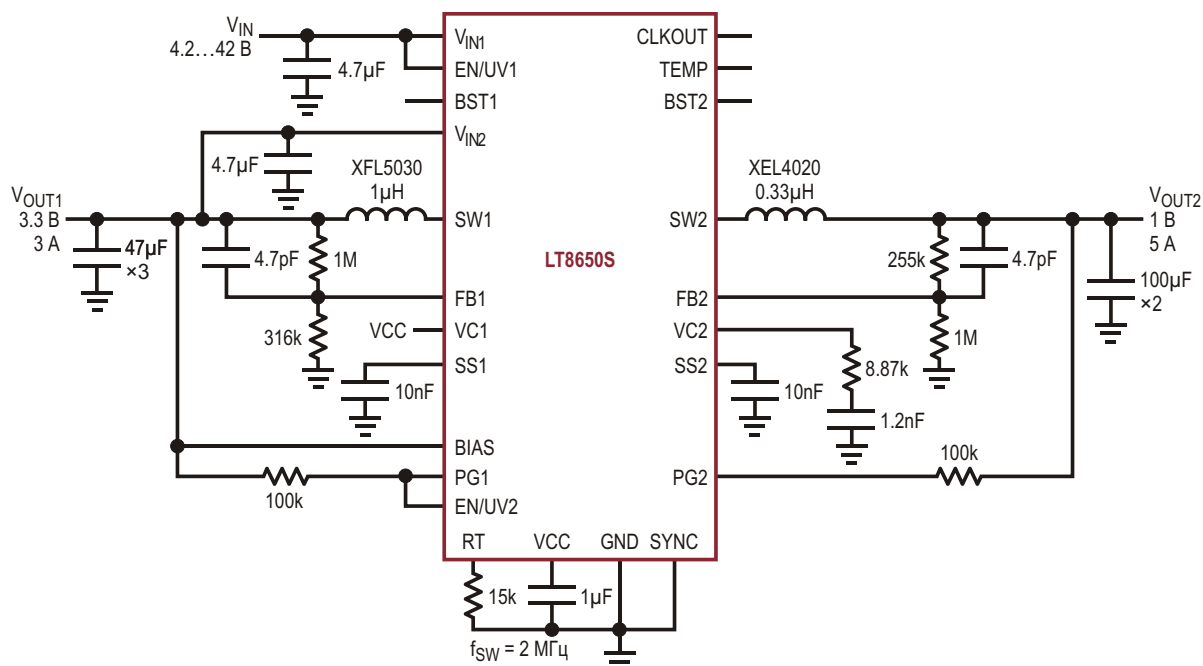


Рисунок 5. Преобразователь 3.3 В/3 А и 1 В/5 А для питания СнК, работающий на частоте 2 МГц.

мы, работающей при комнатной температуре без активного охлаждения, нагревается примерно до 75 °С.

При напряжении 12 В КПД становится еще выше, а температура, соответственно, ниже. Объединяя два канала, важно сбалансировать их выходные токи, соединив выходы усилителей ошибок вместе. Для этого нужно соединить выводы VC1 и VC2 и использовать внешнюю цепь частотной коррекции. Для приложений, работающих в более тяжелых условиях, выпускается микросхема LT8650H, рассчитанная на температуру перехода до 150 °С.

Преобразователь 3.3 В/3 А и 1 В/5 А для питания СнК

У многих систем на кристалле (СнК) периферийные схемы питаются напряжением 3.3 В, а ядро – напряжением 1 В. На Рисунок 5 показана микросхема LT8650S, используемая в каскадном включении, когда входным напряжением преобразователя 1 В служит выходное напряжение преобразователя 3.3 В. Каскадная конфигурация имеет ряд

преимуществ по сравнению с подключением VIN2 к основному источнику питания, включая меньшие размеры решения и работу на постоянной частоте 2 МГц.

Ограничение выходного тока LT8650S значением 4 А связано с температурой микросхемы, однако при дополнительном охлаждении каждый канал электрически способен отдавать 6 А. В схеме на Рисунок 5 выходная мощность канала 1 В невелика, поэтому ток 5 А является допустимым для этого выхода.

Заключение

LT8650S имеет широкий диапазон входных напряжений, низкий ток потребления и архитектуру Silent Switcher 2. Упаковка двух 4-амперных синхронных понижающих регуляторов в корпус размером 4 мм × 6 мм сокращает количество компонентов и размеры решения, обеспечивая гибкость конструкции для широкого спектра приложений. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LT8650S](#)

Сбор энергии для питания удаленных датчиков

Walter Bacharowski

Texas Instruments

Для питания удаленных датчиков все чаще используются схемы сбора энергии окружающей среды. В таких схемах применяются солнечные элементы, пьезоэлектрические генераторы или другие устройства преобразования энергии. Эти устройства собирают

энергию от различных источников, преобразуют ее в электричество и обычно хранят в конденсаторе до тех пор, пока она не понадобится. Во многих ситуациях не требуется, чтобы схема датчика работала непрерывно, и запас энергии пополняется во время перио-

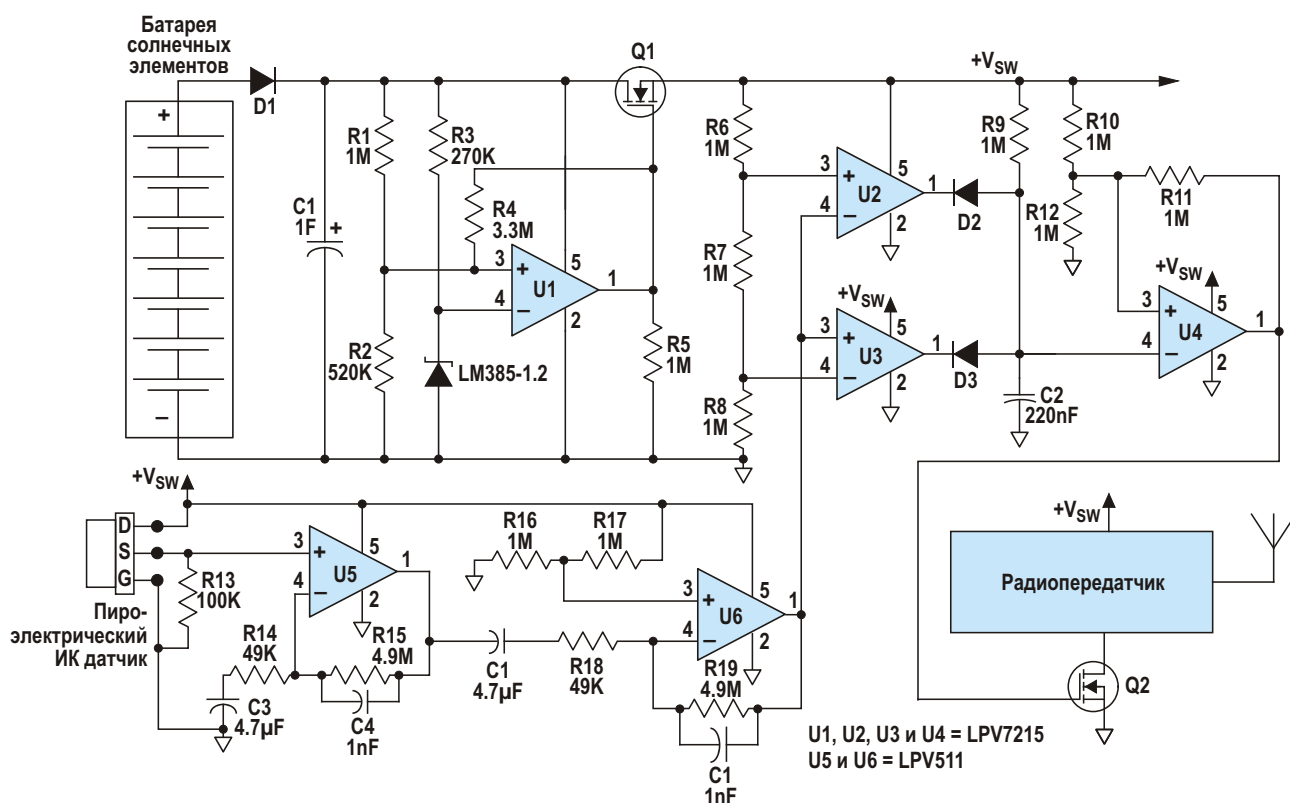


Рисунок 1. Детектор движения с радиоканалом и питанием от солнечной батареи.

дов отключения датчика. В этом примере солнечный элемент и конденсатор емкостью одна фарада используются для питания удаленного детектора движения, сигнал которого, возникающий при обнаружении присутствия, сразу передается по радиоканалу на центральную систему контроля. Такой тип датчика подходит наилучшим образом, поскольку не нуждается ни в проводах, ни в замене батареи.

Для контроля напряжения на конденсаторе и информирования других цепей о том, что напряжения достаточно для включения и выполнения некоторой обработки, иногда требуется соответствующая схема. Когда напряжение на конденсаторе падает ниже заданного уровня, схема отключается. С учетом емкости, напряжение на конденсаторе является мерой того, сколько энергии доступно для питания внешних цепей. Как правило, энергии, собираемой преобразователями, бывает недостаточно для непрерывного питания схемы. Поэтому необходим конденсатор, способный накапливать достаточно энергии для питания схемы в течение определенного периода времени. В этом примере (Рисунок 1) использованы недорогие фотогальванические ячейки из аморфного кремния, способные питать схему как от внешнего, так и от внутреннего освещения. Между размером солнечных ячеек, размером накопительного конденсатора и частотой включения схемы всегда можно найти компромисс. Для изоляции цепи нагрузки от компонентов, собирающих энергию, на время, пока накапливаемой энергии не станет достаточно для выполнения задачи, используется монитор напряжения. Элементами сбора энергии батареи солнечных элементов служат диод D1 и конденсатор C1.

Схема монитора должна потреблять очень низкую мощность и работать в широком диапазоне питающих напряжений. На Рисунке 1 функцию монитора выполняет компаратор LPV7215, типовой рабочий ток которого равен 580 нА. Пороги и гистерезис компаратора LPV7215 задаются резисторами R1, R2 и R3, а также источником опорного напряжения LM385-1.2. Компаратор используется для управления MOSFET Q1, включающим схему детектора движения. MOSFET включается, когда напряжение на конденсаторе C1 становится больше 4 В, и выключается, когда напряжение опускается ниже 3 В.

В схеме детектора движения использован пирозлектрический датчик, за которым следует полосовой фильтр с большим коэффициентом усиления. В качестве усилителей U5 и U6 используется микросхема LPV511 с типовым рабочим током всего 880 нА и произведением коэффициента усиления на ширину полосы пропускания, равным 27 кГц. Для питания полной схемы детектора движения требуется лишь около 4 мкА. На Рисунке 2 показан выходной сигнал усилителя U6, возникающий в то время, когда поле зрения пирозлектрического датчика пересекает теплое тело, а также сигналы оконного компаратора и расширителя импульсов.

Выходной сигнал усилителя U6 поступает на вход оконного компаратора, собранного на двух микросхемах U2 и U3 (LPV7215) и трех резисторах R6, R7 и R8. Пороговые напряжения установлены на уровне 1/3 и 2/3 от коммутируемого напряжения $+V_{SW}$. Когда сигнал датчика движения становится выше или ниже пороговых значений, выход компаратора переключается в низкий уровень. Выходы компараторов через диоды D2 и D3

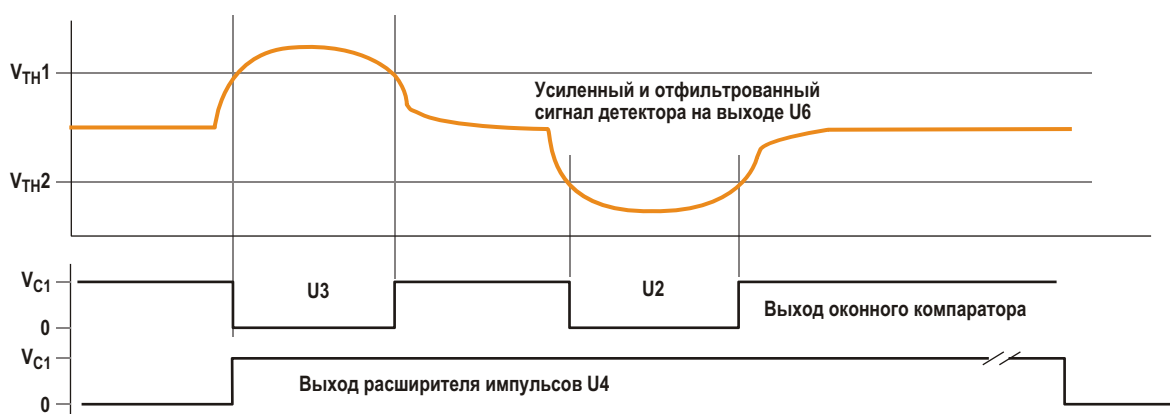


Рисунок 2. Сигналы детектора движения.

соединены по схеме «ИЛИ» и подключены к входу расширителя импульсов. Расширитель импульсов, состоящий из компаратора U4 (LPV7215), а также элементов C2, R9, R10, R11 и R12, формирует импульс длительностью примерно 0.5 с, который включает радиопередатчик через транзистор Q2. Для работы передатчика требуется приблизительно 25 мА, в то время как схема монитора потребляет всего порядка 20 мА. Расчет емкости накопительного конденсатора требует оценки тока схемы, изменения напряжения на конденсаторе и времени, необходимого для выполнения задачи. Например, при активном передатчике схема на Рисунке 1 потребляет приблизительно 25 мА. Выбранные солнечные элементы способны вырабатывать примерно 5.5 В при токе 10 мА, заряжая конденсатор C1 до 4.9 В. (Напряжение на солнечных элементах минус падение напряжения на диоде D1, равное приблизительно 0.6 В). Время, в течение которого может работать схема, определяется временем, за которое конденсатор C1 разрядится от 4.9 В до 3.0 В, и рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{CdV}{i} = \frac{1 \Phi \ 1.9 \text{ В}}{0.025 \text{ А}} \quad 76 \text{ с.}$$

Каждый раз передатчик включается на 0.5 с, поэтому детектор движения имеет возможность без подзарядки передать информацию примерно 156 раз (76/0.5), прежде чем напряжение на конденсаторе упадет ниже уровня выключения 3.0 В. В нормальном режиме работы и при наличии света солнечный элемент постоянно подзаряжает конденсатор C1.

Второй вопрос, связанный с накоплением энергии – это то, как долго схема обнаружения движения может работать без подзарядки конденсатора. Используя приведенную выше формулу, и считая, что схемы детектора движения и монитора в сумме потребляют 20 мА, а напряжение на конденсаторе изменяется от 4.9 В до 3.0 В, получаем:

$$t = \frac{CdV}{i} = \frac{1 \Phi \ 1.9 \text{ В}}{0.000020 \text{ А}} \quad 95000 \text{ с} \quad 1.1 \text{ дня.}$$

И, наконец, интересно знать, сколько времени пройдет после первой установки схемы до того момента, когда зарядится конденсатор C1 и схема начнет работать. Расчет дает следующую оценку этого времени:

$$t = \frac{CdV}{i} = \frac{1 \Phi \ 3.0 \text{ В}}{0.010 \text{ А}} \quad 300 \text{ с.}$$

Чтобы не ждать зарядки C1 от солнечного элемента, непосредственно перед установкой схемы можно на время подключить ее к источнику 5 В.

Этот пример демонстрирует использование усилителей и компараторов с очень низким энергопотреблением в схемах удаленных беспроводных датчиков с безбатарейным питанием. Вместо показанной здесь схемы детектора движения к устройству можно подключить множество других датчиков, измеряющих, например, температуру, влажность или протечки. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM385-1.2](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LPV511](#)
3. [Datasheet Texas Instruments LPV7215](#)

Дешевый умножитель для измерителя мощности

Jeff Kotowski

EDN

Для измерителя мощности обычно требуются аналоговые или цифровые схемы умножения. Эти схемы могут быть сложными, капризными в настройке или дорогими. Более простой способ умножения основан на том, чтобы сначала преобразовать ток в импульсы с коэффициентом заполнения, пропорциональным току. Эти импульсы можно использовать для стробирования входного напряжения; такое стробирование эффективно заменяет функцию умножения. Последующий фильтр нижних частот формирует выходное напряжение, пропорциональное мощности. На первый взгляд, метод кажется вычурным, однако его реализация достаточно проста. На Рисунке 1 показана полная схема измерителя мощности. Микросхема LM3812М-7.0 измеряет проходящий

через нее ток и формирует сигнал ШИМ, коэффициент заполнения которого пропорционален току. Зависимость коэффициента заполнения D от тока определяется следующим выражением:

$$I = 22 (D - 0.5).$$

Требуемый выходной сигнал представляет собой напряжение, численно равное входной мощности, деленной на 10. Операция деления на 10 не позволяет напряжению выходить из контролируемого диапазона. Выходное напряжение равно:

$$V_{OUT} = V_{IN} \cdot \frac{I}{10} = 2.2 \cdot D \cdot V_{IN} \cdot \frac{V_{IN}}{2}.$$

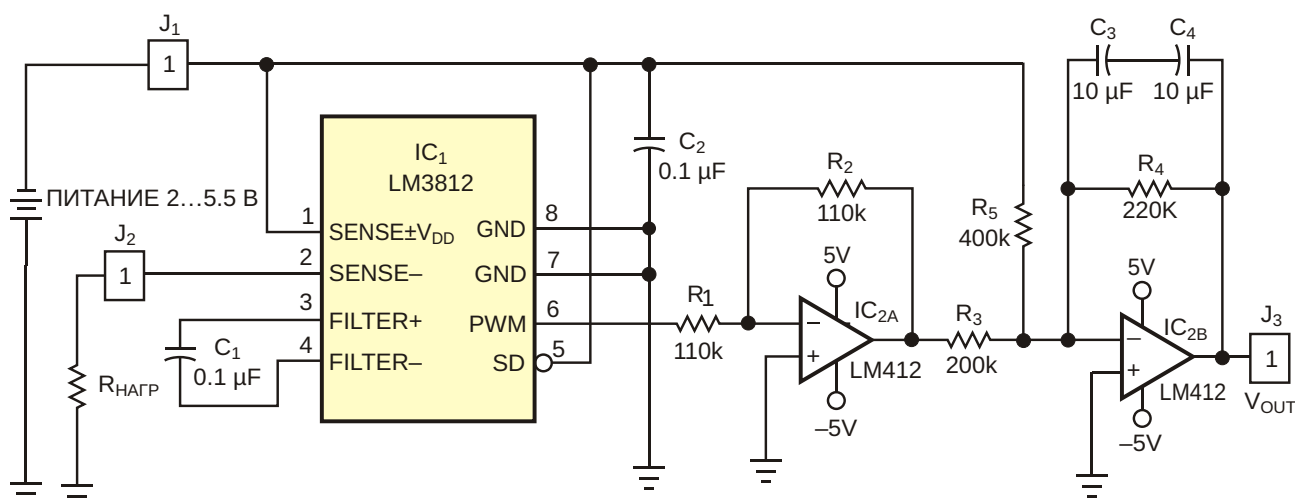


Рисунок 1. Основной схемы измерителя мощности служит недорогая микросхема формирователя ШИМ-сигнала.

Чтобы вычесть в выражении член $\frac{1}{2}V_{IN}$, первый операционный усилитель инвертирует сигнал мощности. Второй операционный усилитель добавляет смещение и снова инвертирует сигнал. Конденсаторы C1 и C2 обеспечивают фильтрацию. Встречное включение этих электролитических конденсаторов образует неполярный конденсатор.

Тесты с входными токами от -7 А до $+7$ А и источником напряжения 2 В ... 5.25 В показали, что в диапазоне мощностей от 0 до 25 Вт схема имеет точность лучше 3% . **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM3812](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LF412](#)

Регуляторы на основе 40-вольтового микромодуля Silent Switcher для автомобильных и промышленных приложений

Zhongming Ye, Analog Devices

Power by Linear Journal of Power Management

Архитектура Silent Switcher упрощает соблюдение стандартов, регламентирующих уровни ЭМИ

Автомобильное, транспортное и промышленное оборудование чувствительно к шуму и требует решений с низким уровнем электромагнитных излучений (ЭМИ). Традиционные подходы к подавлению ЭМИ основаны на уменьшении скорости нарастания и спада коммутирующих импульсов или на снижении частоты переключения. Обоим методам присущи недостатки, такие как снижение КПД, повышение минимально достижимого времени включения и выключения и увеличение

размеров устройства. Альтернативные решения, например, фильтры электромагнитных помех или металлическое экранирование, значительно увеличивают требуемую площадь печатной платы и затраты на компоненты и сборку, а также усложняют испытания и управление тепловыми режимами.

Разработанная Analog Devices технология снижения шумов μ Module обеспечила прорыв в схемотехнике импульсных преобразователей. Для минимизации излучаемых помех при сохранении высокого КПД и высокой частоты переключения в микромодуле LTM8003 использована запатентованная архитектура Silent Switcher. Архитектура регулятора и внут-

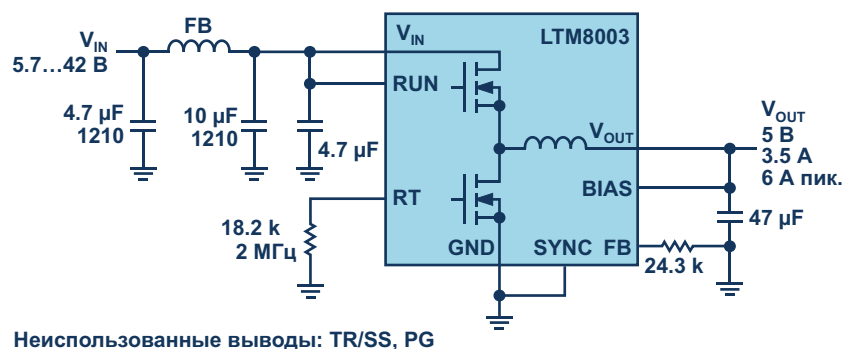
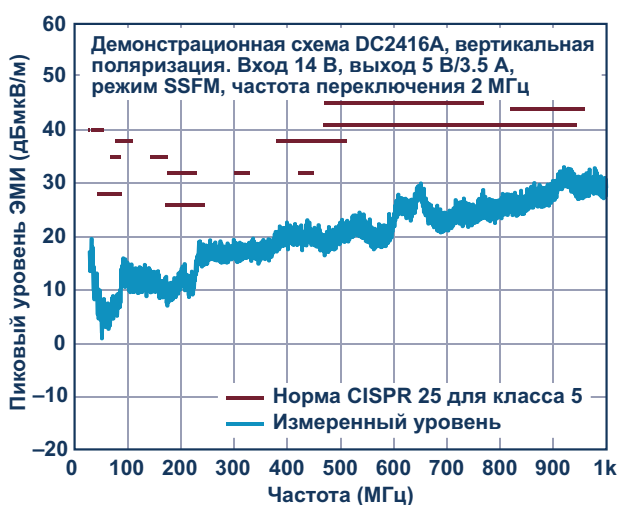


Рисунок 1. 5-вольтовый преобразователь с простым фильтром электромагнитных помех на входе удовлетворяет требованиям класса 5 стандарта CISPR 25.



(а)



(б)

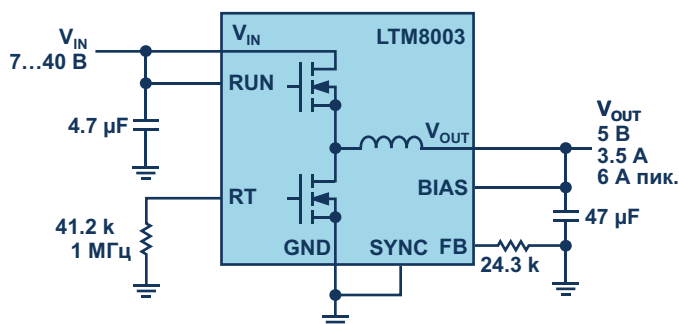
Рисунок 2. Спектр электромагнитных помех, излучаемых демонстрационной платой DC2416A, не выходит за пределы границ, установленных стандартом CISPR 25 для класса 5.

ренняя разводка проводников микромодуля разработаны таким образом, чтобы площадь входного контура была минимальной. Благодаря этому значительно снижается звон коммутационного узла и связанных с ним накопителей энергии в горячем контуре устройства, даже при очень высоких частотах переключения. Бесшумное переключение обеспечивает отличные характеристики ЭМИ и в то же время сводит к минимуму коммутационные потери, давая преобразователю возможность работать на высоких частотах без существенного ухудшения КПД.

Эта архитектура в сочетании с расширением спектра модуляцией шумоподобным сигналом (Spread Spectrum Frequency Modulation – SSFM) значительно упрощает конструкцию и разводку фильтра электромагнитных помех, что идеально подходит для чувствительных к шуму сред. На Рисунке 1 показан простой фильтр электромагнитных помех на входе модуля, позволяющий демонстрационной схеме с достаточным запасом пройти тесты на соответствие классу 5 стандарта CISPR 25 (Рисунок 2).

Непрерывный ток 3.5 А, пиковый – 6 А

Внутренний регулятор модуля может безопасно снабжать нагрузку пиковым током до 6 А, причем 3.5 А непрерывного тока при выходном напряжении 3.3 В или 5 В и входном номинальном напряжении 12 В LTM8003 может отдавать без использования обдува или теплоотвода. Это отвечает требованиям приложений с батарейным питанием в про-



Неиспользованные выводы: TR/SS, PG

(а)



(б)

Рисунок 3. 5-вольтовое решение с выходным током 3.5 А и диапазоном входных напряжений от 7 В до 40 В, основанное на высокотемпературной версии модуля (группы Н). Термограмма платы показывает, что компоненты схемы не нуждаются в каких-либо дополнительных средствах смягчения их тепловых режимов.

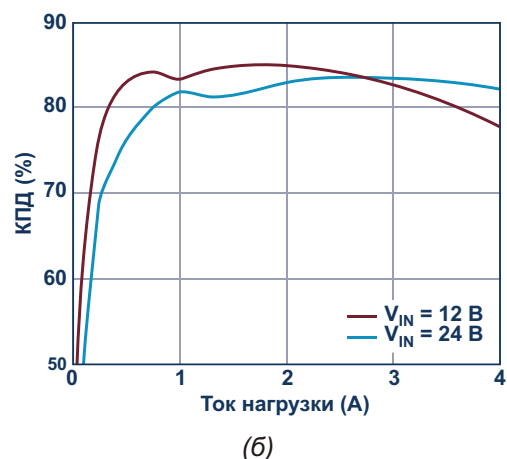
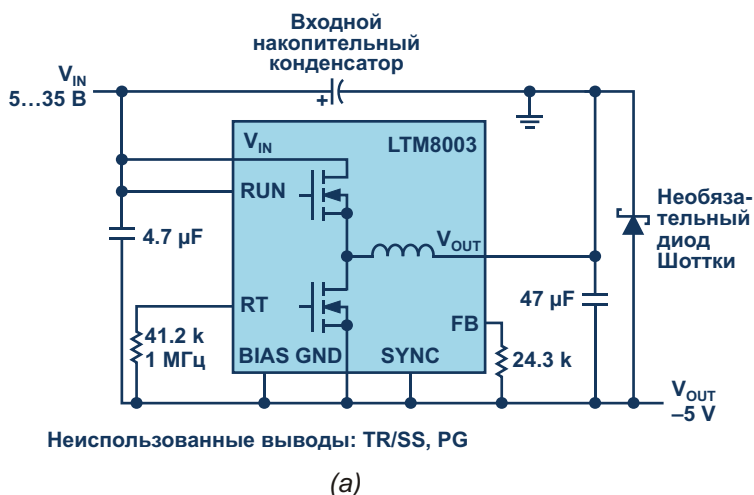


Рисунок 4. Источник питания -5 В с входным напряжением от $+5\text{ В}$ до $+35\text{ В}$ отдает в нагрузку ток до 4 А .

мышленной робототехнике, средствах автоматизации производства и автомобильных системах.

Широкий диапазон рабочих температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Схемы питания автомобильных, промышленных и военных приложений должны непрерывно и безопасно работать при температуре окружающей среды выше $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ или иметь значительный температурный запас. Для удовлетворения этих требований выпускается модуль LTM8003N – версия с диапазоном внутренних рабочих температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Встроенная схема защиты от перегрева контролирует температуру перехода и останавливает генератор, если температура становится слишком высокой.

На Рисунке 3а приведена схема источника питания 5 В с максимальным током нагрузки 3.5 А , работающего в широком диапазоне входных напряжений от 7 В до 40 В . Термодиаграмма платы при номинальном входном напряжении 12 В показана на Рисунке 3б. Типовой КПД при входном напряжении 12 В и токе нагрузки 2 А превышает 92% .

Отрицательное выходное напряжение -5 В из входного напряжения $+3.5\text{ В} \dots +35\text{ В}$

На Рисунке 4 показано решение для выходного напряжения -5 В с максимальным током нагрузки 4 А , преобразующее входное

напряжение до 35 В . Вывод BIAS должен быть подключен к шине GND.

Заключение

LTM8003 – это микромодуль малошумящего понижающего преобразователя с широкими диапазонами входных и выходных напряжений и выходным током до 3.5 А , основанный на архитектуре Silent Switcher. При входных напряжениях от 3.4 В до 40 В устройство способно стабилизировать выходные напряжения от 0.97 В до 18 В . Расположение выводов модуля разработано специально для соответствия рекомендациям FMEA, поэтому выходное напряжение остается на уровне или ниже напряжения регулирования

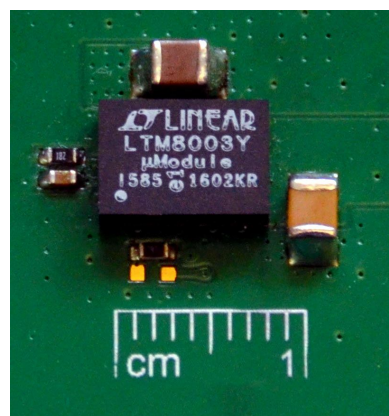


Рисунок 5. Размеры печатной платы полной схемы понижающего преобразователя лишь ненамного больше площади микромодуля LTM8003, равной $6.25\text{ мм} \times 9\text{ мм}$.

во время замыканий смежных выводов, замыканий одиночных выводов на землю, или при их обрыве. Избыточные выводы корпуса улучшают надежность электрических контактов в случае нарушения паяного соединения из-за вибраций, старения или значительных колебаний температуры, что типично для автомобильных и транспортных приложений.

Законченное решение, включающее входные и выходные конденсаторы, занимает площадь, лишь ненамного превышающую размеры корпуса BGA модуля LTM8003, составляющие 6.25 мм × 9 мм × 3.32 мм (Рисунок 5). Ток потребления 25 мкА и широкий диапазон рабочих температур от –40 °C до

+150 °C (для модулей группы H) делают преобразователь идеальным прибором для конструкций с ограниченным пространством и жесткими условиями эксплуатации, требующих высокой надежности и низкой рассеиваемой мощности. Его функции помогают минимизировать затраты на проектирование и соблюдать строгие требования стандартов для промышленной робототехники, средств автоматизации производства, авионики и автомобильных систем. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices LTM8003](#)

Грубая и точная настройка с помощью недорогого сдвоенного цифрового потенциометра

Reza Bahadur

Electronic Design

Цифровые потенциометры (ЦП) находят применение в самых разных системах для установки токов смещения, переменных опорных напряжений и настроек калибровки. В промышленных системах управления и автоматизации обязательна высокая точность. На рынке имеются ЦП с 1024 ступенями регулирования, однако вместо десятков центов они стоят единицы долларов. В то же время, сдвоенный 50-килоомный ЦП с 32 положениями движка доступен за 40 центов. Можем ли мы, используя оба ЦП в корпусе, получить точность, такую же, как в случае ЦП с 1024 положениями регулировки?

Первая мысль, которая может прийти в голову при использовании сдвоенного 32-позиционного ЦП – просто расположить два потенциометра один над другим. Но это лишь удвоит эффективное разрешение, к тому же многие ЦП нельзя сконфигурировать для такого типа включения. Кстати, обычной практикой увеличения разрешения ЦП является его подключение к более никому входному напряжению, но в данном случае такое решение неоптимально.

Однако оба ЦП могут использоваться одновременно. Фактически, вместо линейного увеличения разрешения в 2 раза можно уве-

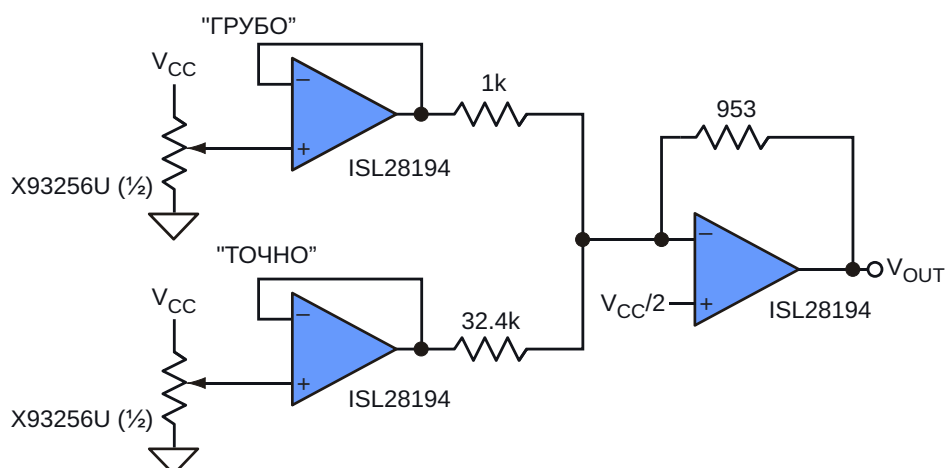


Рисунок 1. С помощью сдвоенного 32-позиционного цифрового потенциометра можно выполнять грубую и точную настройку. По сравнению с использованием ЦП, имеющего 1024 ступени регулирования, это решение существенно дешевле.

личить разрешение до 32^2 , или до 1024. Оба ЦП включаются между землей и источником питания. Один из них обеспечивает грубую регулировку, а другой точную. Иными словами, один дает 5 старших значащих бит, а второй – 5 младших. Критическими компонентами схемы являются весовые резисторы в суммирующей схеме.

В схеме на Рисунке 1 сопротивление резистора $R_{\text{ТОЧНО}}$ должно быть в 32 раза больше сопротивления $R_{\text{ГРУБО}}$ (в нашем примере с 32 позициями потенциометра). Для различных значений числа позиций ЦП сопротивления необходимо масштабировать так, чтобы:

$$R_{\text{ТОЧНО}} = R_{\text{ГРУБО}} \times (\text{Число ступеней}).$$

Сопротивление резистора обратной связи суммирующего усилителя равно 953 Ом (допуск 1%). Это стандартный номинал, ближайший к сопротивлению параллельно включенных резисторов 1 кОм и 32.4 кОм.

Учтите, что разрешение не всегда будет так же, как в этом примере, увеличиваться пропорционально квадрату количества позиций. Если взять упомянутые выше ЦП с 1024 положениями движка, регулировка ГРУБО/ТОЧНО теоретически даст разрешение, равное 1024^2 , или 1,048,576 позициям. При напряжении источника питания 5 В вес младшего значащего бита составит 4.7 мкВ. Но обеспечит ли такую точность операционный усилитель?

Если требуется абсолютная точность по постоянному току, то самым важным параметром будет напряжение смещения. Типовое смещение прецизионного операционного усилителя ISL28194 равно 0.1 мВ (или 100 мкВ). Это смещение и будет ограничивать достижимый уровень точности. Напряжение смещения более типичных усилителей может находиться в диапазоне от 5 мВ до 25 мВ. Если ориентироваться на более доступные и дешевые операционные усилители

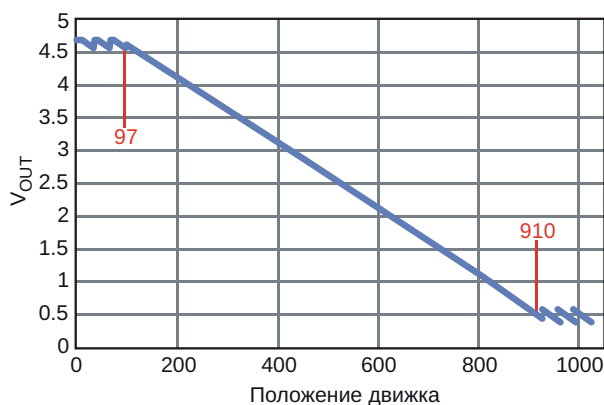


Рисунок 2. Зависимость выходного напряжения от положения движка показывает, что эквивалентное разрешение составляет 9.6 бит.

со смещением 5 мВ, то максимальное количество реально доступных ступеней регулировки составит 1024.

Обратите внимание, что на выходе будет инверсия суммы двух входных напряжений. На Рисунке 2 представлена зависимость выходного напряжения от положения движка ЦП. Идеальная схема показала бы линейный отклик для всех 1024 позиций. Из-за того, что на концах спектра напряжений схема имеет некоторые нелинейности, линейный диапазон регулировок ГРУБО/ТОЧНО находится в пределах положений движка примерно от 100 до 900. Этим 800 ступеням регулирования соответствует разрешение в 9.6 бит – вполне достойная точность для вдвоенного 32-позиционного ЦП, что, определенно, позволяет ему конкурировать с более дорогими 1024-позиционными 10-разрядными решениями. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Intersil ISL28194](#)
2. [Datasheet Intersil X93256](#)

Драйвер белого светодиода работает от батареи 1.5 В

Steve Caldwell

EDN

Несмотря на широкое распространение белых светодиодов в различных системах освещения, падающее на них напряжение 3–4 В затрудняет их использование в низковольтных приложениях. Для управления белыми светодиодами выпускаются зарядовые насосы и другие микросхемы, но при низких напряжениях питания 1.5 В в приложениях с одноэлементными батареями они обычно не работают.

Низковольтная схема, способная стабилизировать выходной ток, достаточный для питания белого светодиода, показана на Рисунке 1. Микросхема повышающего преобразователя IC₁ может отдавать в нагрузку

ток 62 мА при входном напряжении, начиная от 1.2 В, что позволяет использовать его с элементом питания 1.5 В. Поскольку ток светодиода незначителен до тех пор, пока напряжение на нем ниже 3 В, повышающий преобразователь легко запускается при входном напряжении всего 0.8 В.

Получая обратную связь от токоизмерительного усилителя IC₂ из верхней шины питания, схема позволяет стабилизировать ток, не ухудшая КПД преобразования. Рабочая полоса частот 1.8 МГц микросхемы усилителя IC₂ гарантирует устойчивость петли обратной связи. Микросхема IC₂ усиливает напряжение на резисторе R₁ с коэффициентом 20.

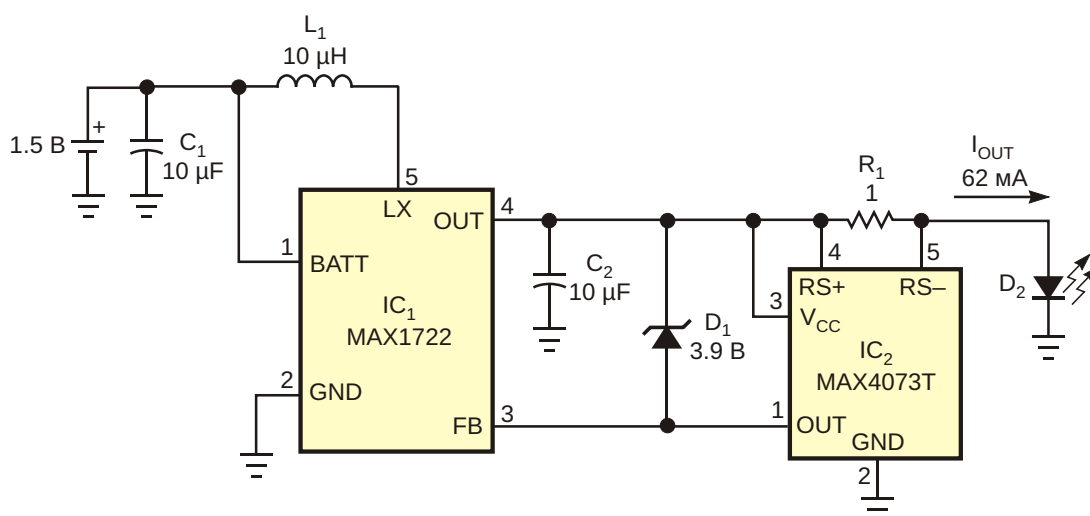


Рисунок 1. При питании от одной щелочной батарейки эта схема обеспечивает стабилизированный выходной ток, достаточный для питания белого светодиода.

Этот большой коэффициент усиления улучшает КПД схемы, позволяя использовать токоизмерительный резистор с небольшим сопротивлением. Рассчитать сопротивление R_1 для требуемого выходного тока можно по формуле:

$$R_1 = \frac{1.235 V}{20 I_{OUT}}.$$

При входном напряжении 1.5 В и выходном токе 62 мА КПД схемы на Рисунке 1 составляет примерно 80%. Стабилитрон D_1 обеспечивает защиту выхода от повышенно-

го напряжения. Когда выходное напряжение превышает уровень, равный сумме напряжения стабилитрона (V_Z) и напряжения обратной связи 1.235 В микросхемы IC_1 (V_{FB}), напряжение обратной связи на выводе 3 увеличивается, и внутренний генератор IC_1 останавливается. Таким образом, в отсутствие нагрузки выходное напряжение стабилизируется на уровне $V_Z + V_{FB}$. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX1722](#)
2. [Datasheet Maxim Integrated MAX4073](#)

Программируемый резистор на основе умножающего ЦАП

Albert O'Grady

EDN

На Рисунке 1 показана схема резистора с цифровым программированием, реализованная на счетверенном операционном усилителе и умножающем ЦАП. Схема эквивалентна резистору, управляемому напряжением. Сопротивление моделируемого резистора R_{IN} пропорционально отношению фиксированного резистора R_X и управляющего напряжения. Перечень возможных приложений схемы включает в себя генерацию точных значений сопротивлений для дистанционного управления ждущими мультивибраторами и конфигурирования управляемых

напряжением нагрузок в схемах моделирования. 14-разрядный умножающий ЦАП AD7538 обеспечивает линейное управление сопротивлением. Заменяв его логарифмическим ЦАП AD7111A, можно получить логарифмический закон управления.

Анализ схемы на Рисунке 1 показывает следующее:

$$V_1 = V_{IN} \frac{R_2}{R_1} (V_{IN} + DV_{IN}),$$

где D – входной код умножающего ЦАП.

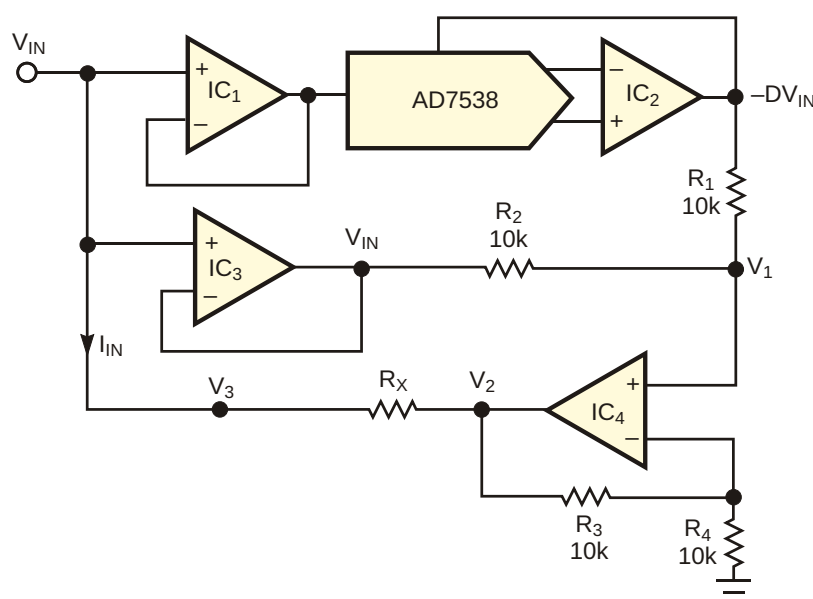


Рисунок 1. На умножающем ЦАП реализован линейный резистор с цифровым программированием.

$$V_2 = 1 - V_1 \frac{R_3}{R_3 + R_4}.$$

Если $R_1 = R_2 = R_3$, то

$$V_2 = \frac{V_{IN}}{2} - \frac{DV_{IN}}{2},$$

$$I_{IN} = \frac{V_{IN} - V_2}{R_X} = \frac{DV_{IN}}{R_X}$$

и

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{DV_{IN}/R_X} = \frac{R_X}{D}.$$

Схема на Рисунке 1 работает как управляемый напряжением источник тока. Ее можно адаптировать для использования в качестве базового функционального блока при проектировании биквадратного фильтра. В этом случае схему следует изменить так, чтобы она представляла собой управляемый напряжением конденсатор, а не резистор. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD7111A](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD7538](#)

Логарифмический усилитель с динамическим диапазоном шесть декад

Reza Moghimi

EDN

Предположим, вам необходим контроль оптической мощности, чтобы гарантировать общие характеристики волоконно-оптической системы связи. Обработка логарифмического сигнала может обеспечить высокую точность в широком динамическом диапазо-

не. Сигнал с широким динамическим диапазоном подвергается сжатию, а использование измерительной системы с более низким разрешением экономит затраты. В качестве примера применения этого метода рассмотрим фотодиод с чувствительностью 0.5 А/Вт,

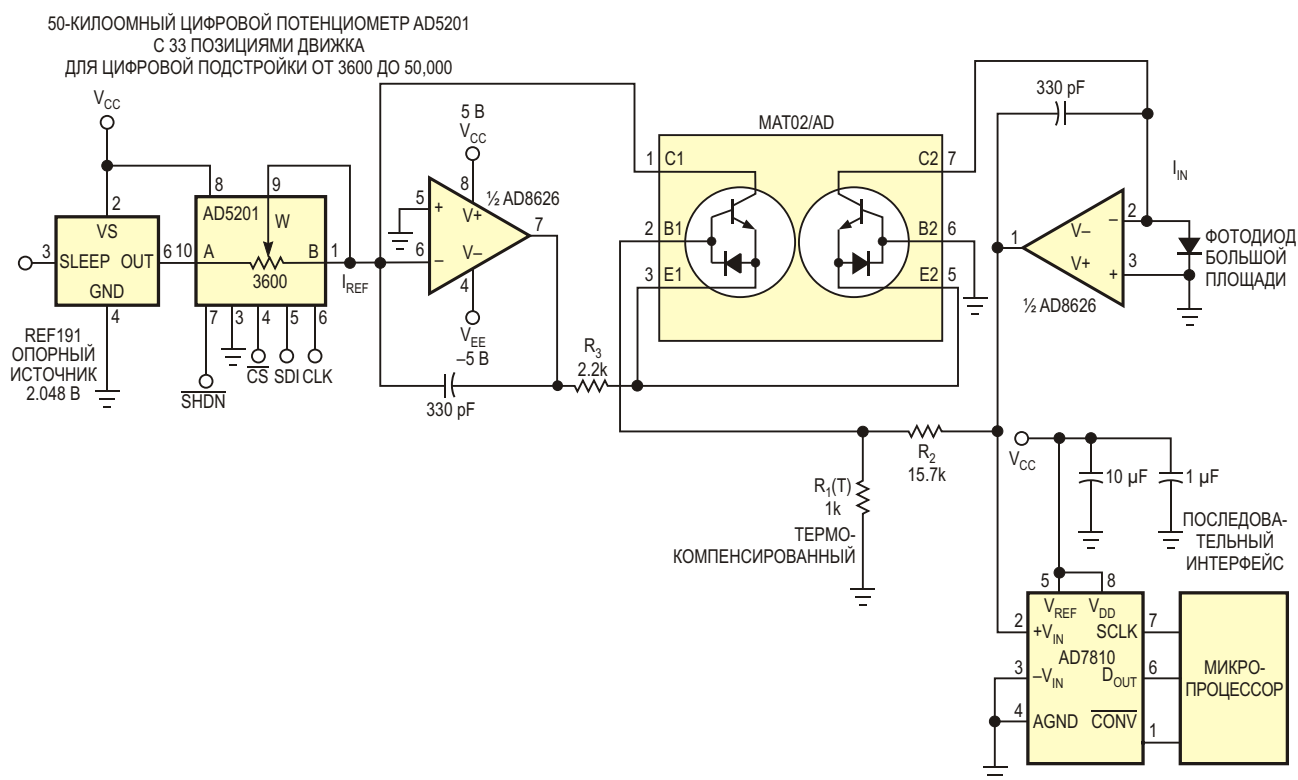


Рисунок 1. Схема программируемого термокомпенсированного логарифмического усилителя.

преобразующий световую энергию в электрический ток от 100 нА до 1 мА. При динамическом диапазоне в четыре декады и ошибке 1% требуемое разрешение системы измерения составляет 0.01×10^{-4} или 1 ppm. Для этого понадобится 20-битный АЦП.

Вместо этого можно с помощью логарифмического усилителя сжать входной сигнал до диапазона 0...4 В, и затем использовать намного более дешевый 10-битный АЦП. Программируемый источник опорного тока позволит сдвигать выходное напряжение на требуемый уровень. Адаптировав схему на Рисунке 1 под требования конкретной задачи, ее можно использовать в приложениях со специфическими комбинациями динамических диапазонов, полярностей и масштабов входных сигналов, или в таких операциях, как нахождение произведения и отношения логарифмов.

Логарифмические усилители находят применение в логарифметрических измерениях при широком динамическом диапазоне входного сигнала, измеряя соотношение между неизвестным уровнем входного сигнала и перестраиваемым током опорного источника. Схема на Рисунке 1 имеет следующую передаточную функцию:

$$V_{OUT} = K \log_{10} \frac{I_{IN}}{I_{REF}} ;$$

$$K = 2.303 \frac{(R_T - R_2) V_T}{R_{(T)}}$$

где

K – масштабный коэффициент выходного напряжения;

I_{IN} – ток, генерируемый фотодиодом;

V_T – коэффициент, зависящий от температуры (типичная величина равна 26 мВ при 25 °С, изменяется пропорционально абсолютной температуре);

I_{REF} – опорный ток.

Если $V_{OUT} = 0$, то $I_{IN} = I_{REF}$. Для правильной работы схемы отношение I_{IN}/I_{REF} всегда должно быть больше нуля. В зависимости от отношения I_{IN}/I_{REF} , выходной сигнал схемы логарифмического усилителя может быть положительным, отрицательным или биполярным. Полный диапазон входных напряжений АЦП 4 В соответствует полному диапазону входных токов 4 мА. Программирование

величины I_{REF} от 40 мкА до 600 мкА дает возможность поместить выходной сигнал в середину диапазона измерений.

При указанных на схеме номиналах компонентов масштабный множитель для выходного напряжения равен –1. Выходной сигнал схемы определен в диапазоне 4.5 декад входного тока I_{IN} и в диапазоне 1.5 декад опорного тока I_{REF} . В большинстве реальных приложений, скорее всего, будет использоваться лишь часть от шести декад полного динамического диапазона. Определив ожидаемый диапазон входных сигналов, и рассчитав их отношения, для оценки ожидаемого диапазона выходных напряжений можно использовать приведенные выше выражения. По результатам этих расчетов можно выбрать значения I_{REF} и I_{IN} , чтобы параметры схемы соответствовали диапазону токов, но при этом необходимо помнить о соблюдении полярности.

Характеристики логарифмического усилителя обычно зависят от нелинейности передаточной функции транзистора. Общая передаточная функция логарифмического усилителя связана с I_S и V_T , которые зависят от температуры. (I_S – это коллекторный ток насыщения транзистора, а V_T – «термо-ЭДС» транзистора). Для исключения этой температурной зависимости в схеме использована согласованная пара транзисторов MAT02, устраняющая температурный дрейф I_S , и термочувствительный резистивный делитель напряжения, компенсирующий температурный коэффициент V_T . Сердцем генератора опорного тока I_{REF} является микросхема REF191. Выходное напряжение регулируется с помощью цифрового потенциометра AD5201. Схема, описанная в этой статье, позволяет программировать 33 уровня опорного тока от 40 мкА до 600 мкА.

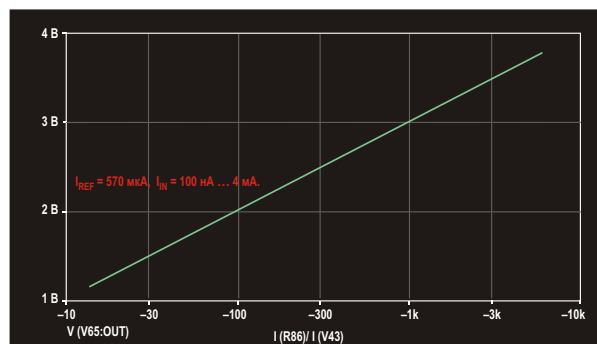


Рисунок 2. Передаточная характеристика схемы при $I_{REF} = 570$ мкА.

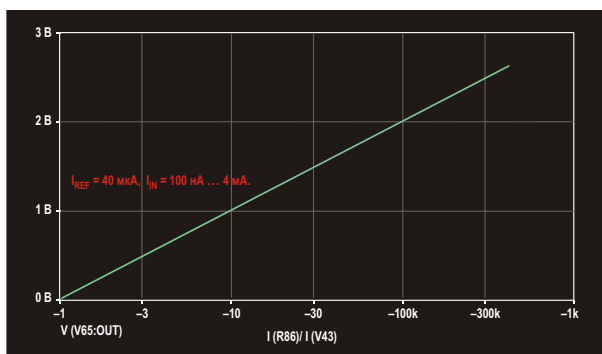


Рисунок 3. Передаточная характеристика схемы при $I_{REF} = 40 \text{ мкА}$.

Комбинация REF191 и AD5201 дает возможность создать источник тока, стабильный по времени и температуре. Для более высокого разрешения можно использовать цифровой потенциометр AD5231 с 1024 положениями движка. AD8626 – это сдвоенный прецизионный усилитель с полевыми транзисторами на входах, однополярным питанием до 26 В, низ-

ким потреблением мощности и rail-to-rail выходом, обеспечивающим широкий динамический диапазон. Он сохраняет устойчивость при емкостных нагрузках свыше 500 пФ. На Рисунках 2 и 3 показана передаточная функция логарифмического усилителя на входе АЦП. Для соответствия диапазону однополярных входных напряжений АЦП AD7810 выходной сигнал ограничен диапазоном от 0 до 4 В. **РЛ**

Ссылки

1. Sheingold, Dan, Editor, Nonlinear Circuits Handbook, Analog Devices, ISBN: 0-916550-01-X.

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD5201](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD5231](#)
3. [Datasheet Analog Devices AD7810](#)
4. [Datasheet Analog Devices AD8626](#)
5. [Datasheet Analog Devices MAT02](#)
6. [Datasheet Analog Devices REF191](#)



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)



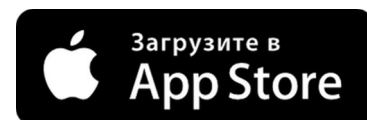
ANDROID » GOOGLE PLAY



<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.