



РАДИОЛОЦМАН

МАЙ 2016 (60)

56 Один транзистор защищает преобразователь от коротких замыканий

26 Использование катушек Гельмгольца для генерации высокочастотных магнитных полей

12 IQ-Analog заключает контракт на разработку принципиально новой архитектуры АЦП

22 Синхронная или асинхронная? Правильный выбор топологии DC/DC преобразователя повышает эффективность системы



РадиоЛоцман.Журнал

Приложение для мобильных устройств (планшетов и смартфонов)



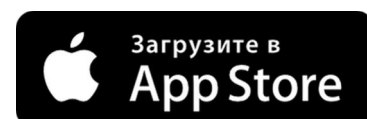
ANDROID »
GOOGLE PLAY



<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.

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером
работали:

А. Гаврилюк

Д. Иоффе

В. Колесник

И. Краснолобов

С. Муратчаев

А. Николаев

Н. Радунцева

М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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 Трехфазный мостовой выпрямитель на идеальных диодах снижает тепловые потери в системе
- 5 Microchip начинает выпуск первых в отрасли оценочных наборов для глобальных сетей LoRa
- 6 СнК nRF52832 компании Nordic стала сердцем новой платы Arduino Primo с беспроводными интерфейсами Bluetooth LE и NFC
- 7 Новые двухканальные супрессоры Littelfuse надежно защитят чувствительную аппаратуру
- 8 Трехканальная универсальная микросхема управления питанием поддерживает маломощные ПЛИС и системы на кристалле
- 9 Компания THAT выпускает микросхему малошумящего дифференциального аудио предусилителя
- 10 Прецизионные ОУ компании STMicroelectronics позволяют исключить операции финишной подстройки и калибровки
- 11 Melexis предлагает инновационное беспроводное решение для систем ограничения доступа и других устройств
- 12 IQ-Analog заключает контракт на разработку принципиально новой архитектуры АЦП
- 13 Elmos представляет новый процессор прямой обработки сигналов термопар
- 13 Allegro анонсирует выпуск новой микросхемы четырехканального полномостового DMOS драйвера двигателей
- 14 TE Connectivity представила ремонтные соединители с согласованным импедансом
- 15 FTDI расширяет выбор вариантов высокоскоростных интерфейсов USB
- 15 Analog Devices представила кремниевую микросхему мощного переключателя для инфраструктуры сотовой связи
- 16 Texas Instruments представляет первый в отрасли дифференциальный индуктивный переключатель
- 18 8-канальный аналоговый интерфейс компании Exar упрощает нормализацию сигналов датчиков
- 19 Microsemi анонсирует семейство ПЛИС RTG4 PROTO, снижающих стоимость макетирования космических систем

Статьи

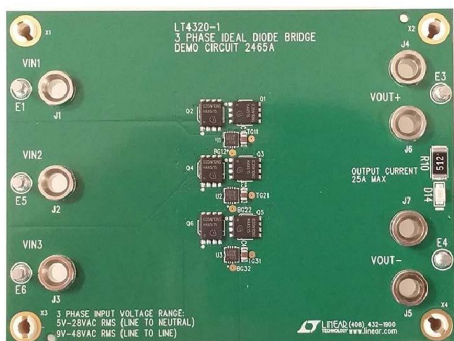
- 22 Синхронная или асинхронная? Правильный выбор топологии DC/DC преобразователя повышает эффективность системы
- 26 Использование катушек Гельмгольца для генерации высокочастотных магнитных полей
- 32 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Александр Грейам Белл передал свое первое сообщение 2 июня 1875 года
- 34 Путь компании Kenwood: на рубеже веков. Часть 2
- 38 Идеализированная PSpice модель полностью дифференциального операционного усилителя. Часть 1

Схемы

- 46 Использование контроллера распределения токов с нерезервированными источниками питания
- 50 Использование биполярного транзистора в инверсном включении в качестве детектора уровня и демодулятора АМ
- 53 Солнечная панель питает «дневную лампу» и УКВ приемник
- 56 Один транзистор защищает преобразователь от коротких замыканий
- 58 Недорогая схема, объединяющая функции смесителя и усилителя
- 60 Инфракрасный детектор проникновения из деталей от устройства открывания гаражных ворот
- 62 Универсальный преобразователь напряжения в последовательность импульсов на микроконтроллере PIC12F683

Трехфазный мостовой выпрямитель на идеальных диодах снижает тепловые потери в системе

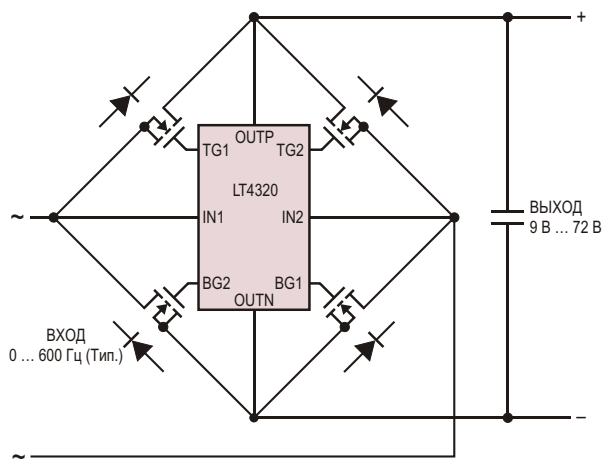
Linear Technology объявила о доступности типового проекта трехфазного мостового выпрямителя на идеальных диодах, основанного на оценочной плате DC2465. Традиционные трехфазные выпрямители состоят из шести диодов и начинают рассеивать значительную мощность уже при токе нагрузки в несколько ампер. Это требует использования дорогих теплоотводов и активного охлаждения, что усложняет тепловое проектирование устройства и увеличивает его размеры. В схеме DC2465 шесть диодов заменены



Оценочная плата DC2465.

тремя контроллерами идеальных диодов LT4320, управляющими шестью N-канальными MOSFET с низкими сопротивлениями каналов, намного снижающими потери мощности и напряжения. Благодаря возросшему КПД выпрямителя источники питания системы станут меньше и дешевле. Низковольтные приложения получают дополнительный запас по питанию за счет исключения

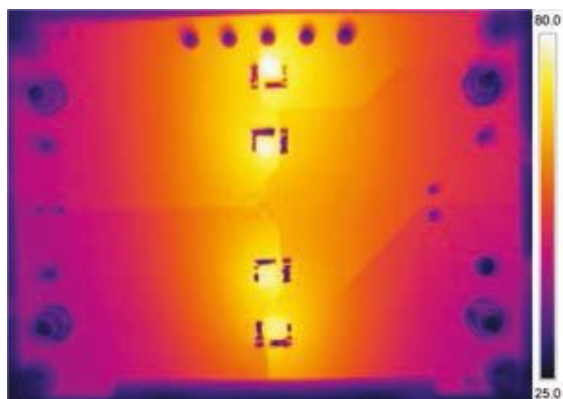
суммы падений напряжения на двух диодах. В сравнении с традиционными решениями, MOSFET мосты позволяют создавать конструкции выпрямителей, отличающиеся исключительной компактностью и очень высокой энергоэффективностью.



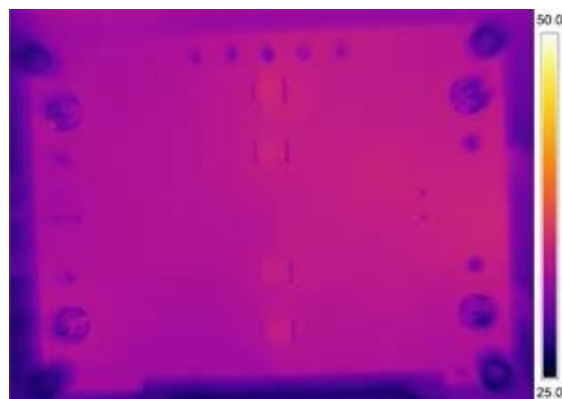
Типовая схема включения LT4320.

Плата DC2465 выпрямляет межфазное напряжение переменного тока от 9 В до 48 В с.к.з. с частотой до 400 Гц, отдавая в нагрузку ток до 25 А без использования принудительного охлаждения. В то время как КПД диодного моста при входном напряжении 9 В составляет 84%, у активного моста он увеличивается до 97%.

Оценочную плату DC2465 можно приобрести за \$125.00. Микросхема контроллера идеальных диодов LT4320 выпускается в 8-выводных корпусах MSOP и PDIP, а также в



Термограмма мостового выпрямителя на пассивных диодах.



Термограмма LT4320, управляющих четырьмя MOSFET.

безвыводном корпусе DFN с размерами 3 мм × 3 мм. Схему оценочной платы можно загрузить с сайта Linear Technology или запросить в местных офисах продаж компании.

Сводка основных характеристик DC2465

- Высокоэффективное выпрямление трехфазного переменного напряжения;
- Заменяет диоды N-канальными MOSFET с низкими потерями;
- Минимизирует тепловыделение, облегчает тепловой расчет;
- Увеличивает КПД мощности и диапазон доступных напряжений;
- Предельные входные характеристики:
 - Межфазное переменное напряжение от 9 В до 48 В с.к.з.;
 - Частота сети до 400 Гц;
 - Предельные выходные характеристики:
 - Максимальное выходное напряжение 70 В DC;
 - Максимальный ток нагрузки 25 А без принудительного охлаждения.

Microchip начинает выпуск первых в отрасли оценочных наборов для глобальных сетей LoRa

Готовый к использованию набор включает шлюз LoRaWAN, два датчика и локальный сервер приложений

Microchip Technology объявила о доступности первых в отрасли полных оценочных наборов для сетей LoRa. Новые наборы предоставляют пользователям все необходимые компоненты для создания малопотребляющих глобальных сетей в Европе (DV164140-1 для диапазона 868 МГц) или Северной Америке (DV164140-2 для диапазона 915 МГц). Каждый набор содержит два беспроводных датчика типа «интеллектуальная пыль» (Mote LoRaWAN) на основе LoRa модулей RN2483 или RN2903 фирмы Microchip, шлюз LoRaWAN и локальный сервер приложений LoRaWAN.



Развиваемая организацией LoRa Alliance технология LoRa способна обеспечивать связь на расстояниях до 10 миль, работающую без замены батарей до 10 лет. Эта технология рассчитана на небольшие скорости

передачи данных при относительно малом времени включения устройств. Она предназначена для приложений слежения и мониторинга в таких областях, как энергетика, системы определения местоположения, коммунальная инфраструктура, технологии «Умного города», охрана окружающей среды, сельское хозяйство и общественная безопасность. Хотя в основном такие сети используются для односторонней передачи информации от датчиков, наличие двусторонней связи позволяет в реальном времени подтверждать получение критически важных данных и управлять исполнительными устройствами.

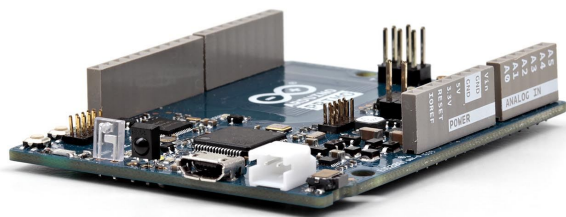
Каждый набор можно использовать для создания сети LoRa, при этом разработчик может рассчитывать на радиус устойчивой связи до 10 миль и десятилетний срок службы двух батарей типоразмера AAA. Технология LoRa использует широкополосную модуляцию, обеспечивающую высокую надежность передачи данных при наличии интенсивных помех и физических препятствий. Соответствие каждого из датчиков предписаниям директив европейских (R&TTE) и американских (FCC) агентств по стандартизации может намного сократить время выхода на рынок за счет упрощения процедуры сертификации.

Производство DV164140-1 и DV164140-2 уже началось. Приобрести наборы можно в онлайн магазине microchipDIRECT по цене \$499.00.

СнК nRF52832 компании Nordic стала сердцем новой платы Arduino Primo с беспроводными интерфейсами Bluetooth LE и NFC

В Arduino Primo интегрированы Bluetooth LE, NFC-метка, Wi-Fi и инфракрасный интерфейс, снижающие стоимость и сложность плат расширения. Теперь разработчики инновационных приложений Интернета вещей имеют все средства беспроводного подключения на одной плате.

Nordic Semiconductor сообщила, что в качестве основы последнего устройства Arduino – самой успешной в мире открытой экосистемы для образования, технического творчества и Интернета вещей, – выбрана производимая Nordic система на кристалле (СнК) nRF52832, имеющая встроенный интерфейс Bluetooth low energy (Bluetooth LE – Bluetooth с низким энергопотреблением), ранее известный как Bluetooth Smart. Предназначенный для бюджетных приложений Интернета вещей новый одноплатный компьютер (или «базовая плата») получил название «Arduino Primo».



Помимо Bluetooth LE, плата Arduino Primo содержит метку NFC, Wi-Fi и инфракрасный интерфейс. До сих пор при необходимости добавить к основной плате функции беспроводного подключения по Bluetooth LE пользователям приходилось устанавливать дополнительные шилды (платы расширения).

В дополнение к возможности беспроводного подключения к широкому спектру датчиков Bluetooth LE, через свой Wi-Fi Arduino Primo может также работать как полнофункциональный TCP/IP Интернет клиент и сервер, а встроенная в nRF52832 уникальная NFC-метка реализует защищенную аутентификацию при образовании парной связи («Touch-to-Pair» – простая функция соединения устройств без вмешательства пользователя). Встроенный инфракрасный порт позволяет использовать традиционные средства дистанционного управления.

nRF52832 содержит 64-мегагерцовый 32-разрядный процессор ARM Cortex-M4F, имею-

щий общую вычислительную мощность, на 60% превосходящую решения конкурентов, в десять раз большую производительность вычислений с плавающей точкой и вдвое большую производительность подсистемы цифровой обработки сигналов. Работающий на частоте 2.4 ГГц, полностью совместимый со спецификацией Bluetooth 4.2 многопротокольный приемопередатчик устройства nRF52832 имеет чувствительность –96 дБ и типовые пиковые токи потребления 5.5 мА в режимах передачи или приема. nRF52832 содержит 512 кБ флэш- и 64 кБ оперативной памяти, а также полностью автоматическую систему управления питанием для оптимизации энергопотребления.

Помимо управления стеком протоколов Bluetooth LE и выполнения кода приложения, nRF52832 имеет достаточно вычислительной мощности, чтобы контролировать имеющиеся на плате Arduino Primo датчики ускорения, температуры, влажности и давления. Для всех, кроме самых сложных проектов, программирование будет осуществляться в интерфейсе интегрированной среды разработки Arduino, созданном, по словам его разработчиков, для того, чтобы сделать проектирование легким для каждого, независимо от опыта, технических знаний и возраста.

Профессиональные разработчики и производители, желающие получить доступ к расширенным функциям Arduino Primo и наиболее полно реализовать заложенные в нее возможности, смогут также воспользоваться любым из предлагаемых Nordic наборов инструментальных средств разработки или программирования, совместимым с приборами серии nRF52. Например, с помощью набора nRF5 для Интернета вещей более искушенные пользователи смогут разрабатывать на СнК nRF52832 приложения Bluetooth LE, поддерживающие стек протоколов IPv6 и позволяющие Arduino Primo обмениваться с другими подключенными к Интернету «вещами» без использования ресурсов таких слож-



ных и дорогих шлюзов, как Wi-Fi роутеры или смартфоны.

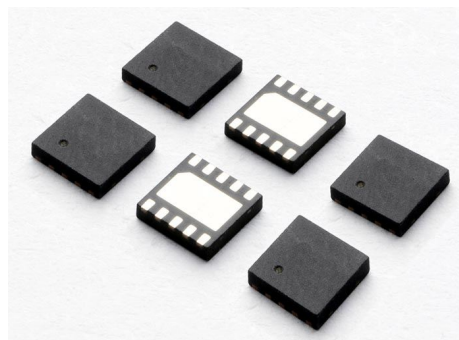
«Ожидается, что количество подключаемых устройств во всем мире вырастет с сегодняшних 15 млрд. до 200 млрд. в 2020 году, – говорит Федерико Мусто (Federico Musto), генеральный директор и президент Arduino. – Эти цифры поражают воображение, в основном из-за сумасшедшего роста рынка Интернета вещей. Он привлекает пристальное внимание производителей, предпринимателей, малых и крупных компаний, детей и венчурных капиталистов – игровая площадка исключительно широка. От умных домов до анализа данных и безопасности – круг приложений бесконечен. Предметом нашей особой заботы является поддержка Arduino аппаратными и программными средствами, помогающими энтузиастам развивать свои идеи и нести их в мир. Добавление беспроводной связи, ставшее возможным благодаря нашему партнерству с Nordic, дает для этого еще больше возможностей».

«Мало того, что аппаратные решения Arduino Primo основаны на СнК Nordic серии nRF52 – одних из самых популярных устройств на рынке Bluetooth LE, не менее важно и то, что архитектура программных средств и инструменты разработки намного упрощают производителям освоение и запуск беспроводных технологий. Простота использования – одно из наших основных преимуществ, которое делает чип Nordic идеально подходящим для Arduino Primo», – добавляет Мусто.

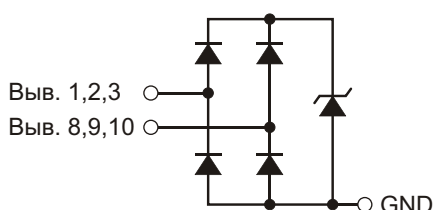
«Одним из стратегических направлений деятельности Nordic Semiconductor является всесторонняя поддержка производителей и сообществ любителей с тем, чтобы они могли безболезненно включать средства беспроводной связи Bluetooth LE в свои электронные проекты, – комментирует Гейр Лэнджелэнд (Geir Langeland), директор Nordic Semiconductor по продажам и маркетингу. – В связи с тем, что на основе электроники Arduino реализуется от 70 до 80% любительских проектов, нам было непросто принять решение, когда от Arduino к нам поступил запрос на поставку СнК nRF52832, чтобы сформировать сердце их первой платы Bluetooth LE. Учитывая популярность экосистемы Arduino, я предсказываю, что пройдет совсем немного времени, и мы увидим множество инновационных приложений Интернета вещей на базе Arduino Primo. Вскоре Arduino Primo будет дополнена Arduino Primo Core – круглой платой диаметром 40 мм, ориентированной на создание носимых устройств и сохранившей все функции своего более крупного прототипа, за исключением Wi-Fi».

Новые двухканальные супрессоры Littelfuse надежно защитят чувствительную аппаратуру

Компания Littelfuse представила матрицу супрессоров серии SP4042, специально разработанную для защиты чувствительного электронного оборудования от повреждения бросками напряжения, вызываемыми грозовыми и электростатическими разрядами. Два канала защиты приборов серии SP4042 образованы комбинацией управляющих диодов с низкой емкостью и TVS диода. Эти надежные устройства без повреждений и деградации характеристик поглощают импульсные токи



до 120 А с параметрами, отвечающими стандарту IEC61000-4-5 ($t_R/t_F = 2/10$ мкс) и выдерживают электростатические разряды до ± 30 кВ в соответствии с международным стандартом IEC61000-4-2. Низкая нагружающая емкость (11 пФ на линию) делает приборы серии SP4042 идеальным средством защиты линий интерфейсов 10/100/1000 Ethernet, оконечного абонентского оборудования, и учрежденческих телефонных станций.



Функциональная схема SP4042.

«Серия SP4042 была разработана в сотрудничестве с некоторыми ключевыми потребителями нашей продукции, столкнувшимися с рядом проблем при использовании защитных диодов, включая токи утечки, негативно влияющие на целостность сигналов, — сказал Тим Микун (Tim Micun), менеджер по продукции защитного назначения. — По величине тока утечки, составляющего всего 0.1 мкА, супрессоры серии SP4042 превосходят конкурирующие устройства на 90%».

Основные преимущества супрессоров SP4042

- Рассчитанные на импульсные перегрузки до 2500 Вт приборы серии SP4042 не только обеспечивают необходимые уровни защиты, предписываемые стандартами регулирующих органов, но и существенно превосходят их.
- Низкая емкость 11 пФ на линию не нарушает целостность сигналов и минимизирует потери данных.
- Параметры устойчивости приборов к электростатическим разрядам (± 30 кВ при прямом контакте, ± 30 кВ через воздушный промежуток) превышают максимальные значения, установленные стандартом IEC, и гарантируют защиту от множества других угроз, с которыми сталкивается оборудование при эксплуатации в полевых условиях.
- Низкие токи утечки (0.1 мкА при напряжении 3.3 В) улучшают целостность сигналов, поскольку утечки часто являются индикатором «включения» устройства.

Доступность

Супрессоры серии SP4042 выпускаются в корпусах μ DFN-10 и поставляются упакованными в ленту на бобине по 3,000 штук. Заказывать образцы приборов можно в любой стране мира у авторизованных дистрибьюторов Littelfuse.

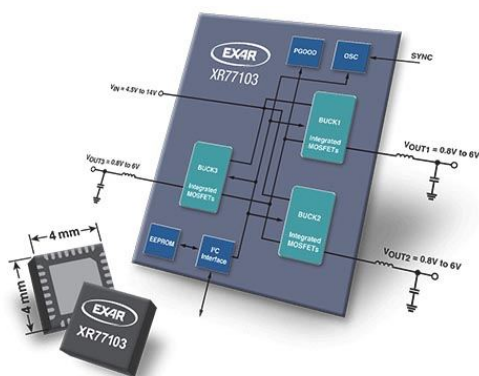
Трехканальная универсальная микросхема управления питанием поддерживает маломощные ПЛИС и системы на кристалле

- Первая универсальная микросхема управления питанием компании EXAR с тремя интегрированными синхронными силовыми каскадами MOSFET
- Малогабаритное эффективное решение, поддерживающее множество FPGA и систем на кристалле
- Конфигурирование через I²C с использованием инструментальной платформы PowerArchitect 4 для разработки и настройки параметров

Корпорация Exar объявила о начале выпуска универсальной микросхемы управления питанием XR77103, своей первой ИС управления питанием с тремя встроенными синхронными силовыми каскадами MOSFET. В результате такой интеграции в небольшой ИС площадью 4 × 4 мм появилась возможность создания еще более компактных и про-

стых в использовании решений для управления питанием разнообразных ПЛИС, систем на кристалле, сигнальных процессоров и видеопроцессоров.

Микросхема XR77103 имеет интерфейс I²C, позволяющий пользователям управлять выходным напряжением (от 0.8 В до 6 В), частотой переключения (от 300 кГц до 2.2 МГц),

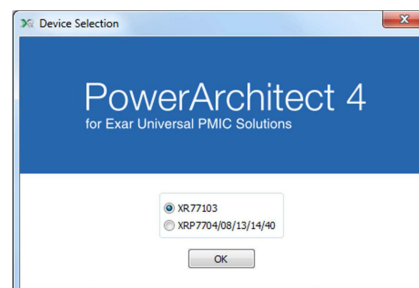


последовательностью подачи напряжений питания и порогом ограничения тока. XR77103 поддерживается последней версией инструментальной платформы разработки и конфигурирования PowerArchitect 4.

XR77103 работает с входными напряжениями от 4.5 В до 14 В. Все три выхода рассчитаны на непрерывные токи нагрузки до 2 А с пиковыми значениями до 3 А. Используемая в устройстве архитектура с управлением по току дросселя позволяет легко объединять два выхода для получения общего тока до 5 А. Режим пропуска импульсов увеличивает КПД при малых нагрузках, что является ключевым требованием для энергосбережения и продления срока службы батарей.

Устройство в корпусе QFN площадью 4 × 4 мм поддерживает частоту переключения до 2.2 МГц. Ему требуется меньше внеш-

них компонентов меньшего размера, что позволит инженерам значительно сократить площадь печатных плат в их будущих проектах. Для разработчиков, не нуждающихся в управлении через I²C, в семейство XR77103 включены два варианта микросхем с фиксированным набором параметров. Устройства XR77103ELB-A0R5 и -A1R0 имеют постоянные частоты переключения 500 кГц и 1 МГц, соответственно. Оба прибора содержат прецизионный (1%) источник опорного напряжения 0.8 В. Их выходные напряжения задают-



ся при помощи внешних резисторов.

Все три устройства, XR77103ELB, XR77103ELB-A0R5 и XR77103ELB-A1R0 выпускаются в не содержащих галогенов малогабаритных корпусах QFN площадью 4 × 4 мм, отвечающих требованиям директивы RoHS. Для партий из 1000 приборов цены начинаются от \$1.95, \$1.60 и \$1.60 за штуку, соответственно.

Компания THAT выпускает микросхему маломощного дифференциального аудио предусилителя

THAT1580 улучшает соотношение цена-качество в приложениях дифференциальных микрофонных предусилителей

Американская компания THAT сообщила о доступности новой микросхемы THAT1580 – высококачественного усилителя с обратной связью по току, в котором по сравнению с приборами предыдущего поколения при уменьшенной цене снижены уровни шумов и нелинейных искажений и увеличена скорость нарастания выходного напряжения. 1580 является оптимальным решением для микрофонных предусилителей с аналоговым и цифровым управлением, дифференциальных суммирующих усилителей и даже входных каскадов линейных усилителей. Микросхема найдет применение в аудио технике,

ультразвуковых локаторах и измерительных приборах.

Ключевые особенности 1580

- Очень низкий уровень шумов: 134.8 dBu (эквивалентный шум на входе 1.0 нВ/ Гц) при усилении 60 дБ;
- Ультранизкое значение суммы полных гармонических искажений и шумов:
 - 0.0003% при усилении 3...30 дБ,
 - 0.0005% при усилении 40 дБ;
- Низкий ток потребления: типовое значение 7.9 мА;



- Широкая полоса пропускания: 2.7 МГц при усилении 40 дБ;
- Очень большая скорость нарастания: 53 В/мкс;
- Большой размах выходного сигнала: +29.8 dBu (при напряжении питания ± 18 В);
- Максимальный уровень входного дифференциального сигнала +26 dBu (при напряжении питания ± 15 В)
- Коэффициент усиления, регулируемый внешним резистором в диапазоне от 0 до более 60 дБ;
- Дифференциальный выход;
- Небольшой 16-контактный корпус QFN с размерами 4 × 4 мм;
- Широкий диапазон напряжений питания от ± 5 В до ± 18 В.

В отличие от традиционных микрофонных предусилителей (таких, как выпускаемые THAT модели 1510 и 1512), коэффициент усиления 1580 задается тремя внешними резисторами вместо одного. Это делает возможным оптимизацию уровня шумов и полосы пропускания в широком диапазоне коэффициентов усиления, а также оптимизацию зависимости усиления от угла поворота переменного резистора, если таковые используются в приложении. В приложениях с цифровым управлением очень удобно использовать 1580 совместно с выпускаемыми THAT микросхемами цифровых контроллеров предусилителей серии 5XXX.

Дифференциальный выход 1580 упрощает сопряжение с дифференциальными входами таких устройств, как, например аналого-цифровые преобразователи. При необходимости пользователи имеют возможность оптимизировать выход дифференциального усилителя в соответствии с требованиями конкретного приложения.

1580 поставляются со складов THAT или авторизованных дистрибьюторов компании немедленно по получении заказа. Цены, установленные на одну микросхему в партиях из 1000 приборов начинаются от \$2.53.

Прецизионные ОУ компании STMicroelectronics позволяют исключить операции финишной подстройки и калибровки

STMicroelectronics представила новую серию прецизионных 16-вольтовых операционных усилителей (ОУ) TSX7, сочетающих высокую точность с широким диапазоном напряжения питания и превосходной надежностью. Низкий уровень входного напряжения смещения, большой коэффициент ослабления синфазного сигнала и малый температурный дрейф позволяют исключить операции финишной подстройки и калибровки, обеспечивая стабильную работу в широком диапазоне температур от -40 °C до 125 °C, соответствующем условиям эксплуатации устройств автоэлектроники.

Новые микросхемы изготавливаются по современной технологии 18-вольтовых аналоговых КМОП устройств, разработанной STMicroelectronics и принесшей успех маломощным ОУ серий TSX5, TSX6 и TSX9.

Сочетание низких токов смещения TSX7, энергоэффективности и высокой добротности (произведения коэффициента усиления на ширину полосы пропускания – gain



bandwidth, GBW) идеально подходит для приложений обработки сигналов датчиков с жесткими ограничениями по потребляемой мощности. В то же время, широкий диапазон напряжений питания, стабильность в сложных условиях эксплуатации и устойчивость к электростатическим разрядам до 4 кВ (при воздействии модели человеческого тела) позволяют использовать эти приборы в промышленном и медицинском оборудовании, устройствах автоматизации зданий, системах светодиодного освещения и в электронных блоках управления автомобилей. Кроме того, rail-to-rail входы и выход позволяют без ограничений использовать ОУ серии TSX7 для измерений токов верхней и нижней шин питания.

Важнейшие технические характеристики:

- Входное напряжение смещения не более 200 мкВ при 25 °С;
- Коэффициент ослабления синфазного сигнала не менее 91 дБ;
- Максимальный температурный дрейф 2.5 мкВ/°С;
- Отличное сочетание энергоэффективности и добротности: максимальный ток потребления равен 850 мкА при GBW = 2.7 МГц или при GBW = 9 МГц и коэффициенте усиления не менее 10.

ОУ TSX7 выпускаются серийно и в партиях из 1000 приборов продаются по ценам, начинающимся от \$0.52 за штуку.

Melexis предлагает инновационное беспроводное решение для систем ограничения доступа и других устройств

Многоканальное программируемое устройство, содержащее ультра маломощный приемник с интерфейсом 3DLF и радиочастотный приемопередатчик субгигагерцового диапазона

К портфелю Melexis добавилось малопотребляющее беспроводное решение MLX73290-A. Это инновационное устройство представляет собой многоканальный радиочастотный приемопередатчик, объединенный с трехмерным низкочастотным интерфейсом (3DLF), поддерживающим работу с ультра низким потреблением мощности. Благодаря объединению субгигагерцовых радиочастотных и низкочастотных технологий, новая микросхема в полной мере оптимизирована для использования в системах активации транспортных средств, логистике и различных приложениях Интернета вещей. В сферу устройств, для которых предназначена новая микросхема, входят пассивные системы дистанционного открывания и запуска

автомобиля, средства ограничения доступа и маломощные системы слежения, где требуется сочетание очень экономичного режима сна, большого гарантированного радиуса действия и высокой скорости радиочастотной обратной связи.

Интерфейс 3DLF обеспечивает автоматический и полностью программируемый режим сканирования с постоянным опросом для проверки достоверности низкочастотных сигналов на трех дифференциальных входах приемных катушек. Это позволяет в режиме детектирования низкочастотного сигнала поддерживать типовой ток потребления на уровне 4 мкА. Индикатор мощности принимаемого низкочастотного сигнала позволяет с высокой точностью контролировать уровень низкочастотного поля. В комбинации с системным управляющим микроконтроллером микросхема может работать в режиме пассивного транспондера, тем самым, поддерживая безбатарейную работу системы.

Оптимизированные для использования в субгигагерцовом ISM диапазоне от 300 МГц до 960 МГц, высокоинтегрированные радиочастотные микросхемы обеспечивают выходную мощность от -20 дБм до +13 дБм. Чувствительность приемника при ширине



полосы канала 15 кГц равна –120 дБм. Максимальная пропускная способность, поддерживаемая устройством, составляет 250 Кбит/с. Микросхемы позволяют использовать следующие схемы модуляции:

- амплитудную манипуляцию (OOK),
- двоичную частотную манипуляцию (FSK),
- гауссовскую манипуляцию с минимальным частотным сдвигом (GMSK),
- гауссовскую частотную манипуляцию (GFSK).

Инженеры имеют возможность программировать MLX73290-A через встроенный последовательный интерфейс SPI, устанавливая необходимые значения множества параметров, включая выходную радиочастотную мощность, ширину полосы пропускания по высокой частоте, тип модуляции, режим опроса и используемые обработчики пакетов. Таким образом, без необходимости компромиссов могут быть в полной мере выполнены требования конкретного приложения. Для ускорения процесса разработки предлагаются оценочные платы и различные программные инструменты.



В сочетании с устройством инициации высокой мощности MLX74190, приемопередатчиком субгигагерцового ISM диапазона MLX73290-M и интерфейсом ведомого устройства шины LIN MLX81109 MLX73290-A становится частью высокоэффективного пассивного стартового решения для двухколесных транспортных средств (например, мотоциклов, скутеров), вездеходов и устройств ограничения доступа.

Микросхемы MLX73290-A, поставляемые в 32-выводных корпусах QFN с размерами 5 мм 5 мм, рассчитаны на диапазон рабочих температур от –40 °C до 105 °C.

IQ-Analog заключает контракт на разработку принципиально новой архитектуры АЦП

Агентство DARPA заключило с компанией IQ-Analog контракт стоимостью \$4.5 млн. на разработку новой архитектуры аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

Перед IQ-Analog поставлена задача создания прототипа АЦП на основе КМОП технологии с проектными нормами 14 нм, способного обрабатывать весь спектр электромагнитных сигналов, используемых в радарных системах.



В революционной архитектуре используется запатентованное инновационное решение, известное как «Квантование импульсной бегущей волны» («Traveling Pulse Wave

Quantization»), увеличивающее эффективную пропускную способность процесса преобразования и более чем вдвое снижающую потребление мощности по сравнению с существующими технологиями. Будущий прототип, работая с частотой выборки 60 ГГц, будет способен захватывать весь спектр электромагнитных волн до 30 ГГц. Возможность преобразования полного спектра обещает значительно улучшить характеристики современных радарных систем и тем самым повысить военную мощь США в радиоэлектронной борьбе. АЦП будут изготавливаться на производственных мощностях компании GlobalFoundries с использованием транзисторов FinFET с вертикальной структурой и топологическими нормами 14 нм.

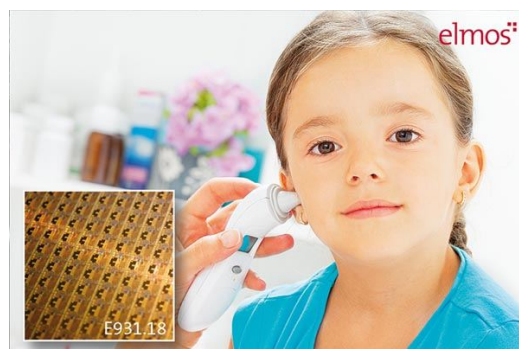
IQ-Analog – частная полупроводниковая компания, учрежденная в 2004 году в Сан-Диего, Калифорния, специализирующаяся на технологии высокоскоростных преобразователей данных.

Elmos представляет новый процессор прямой обработки сигналов термопар

E931.18 подключается к микроконтроллеру одним проводом

Компания Elmos представила процессор E931.08 для прямой обработки сигналов термопар. Микросхема разрабатывалась специально для использования в качестве интерфейса между датчиками на основе термопар и управляющим микроконтроллером. Входной сигнал не требует никакой аналоговой обработки. Микроконтроллер подключается посредством однопроводного интерфейса DOCI (Data Out, Clock In). Кроме того, в микросхеме имеется EEPROM для хранения калибровочных коэффициентов и идентификационных параметров.

Выводы термопары подключаются непосредственно к входам E931.08. Сигнал датчика преобразуется в 17-битное цифровое значение и передается во внешний микроконтроллер по однопроводному интерфейсу DOCI. Рабочее напряжение микросхемы равно всего 2.7 В.



К микросхеме можно одновременно безопасно подключать несколько разнотипных устройств. Микросхема отличается очень высокой точностью измерений с погрешностью менее 0.02 К.

Возможными областями применения E931.18 являются ушные термометры, прецизионные дистанционные измерители температуры и инфракрасные пирометры.

Allegro анонсирует выпуск новой микросхемы четырехканального полномостового DMOS драйвера двигателей

Allegro MicroSystems анонсировала выпуск новой микросхемы многоканального полномостового DMOS драйвера, к восьми выходам которого можно подключить до двух шаговых двигателей или до четырех двигателей постоянного тока. Каждый выход рассчитан на максимальный ток 1.6 А и напряжение 40 В. Микросхема A5988 содержит ШИМ регуляторы тока с фиксированным временем

выключенного состояния, а также нелинейные 2-битные ЦАП, позволяющие управлять шаговыми двигателями в полно-, полу- и четвертьшаговом режиме, или управлять направлением вращения и торможением двигателей постоянного тока. В ШИМ регуляторе тока используется запатентованный Аллегро смешанный режим спада тока, снижающий слышимые шумы двигателя, повышающий точность шага и снижающий рассеяние мощности. Это новое устройство предназначено для рынков бытовой и офисной автоматизации, включающих системы видеонаблюдения (поворот и наклон камер), сканеры, POS-терминалы, лазерные, струйные и этикеточные принтеры.

Внутренняя схема управления синхронным выпрямлением облегчает тепловой режим при работе ШИМ. Для снижения рассеиваемой мощности также предусмотрен режим сна. Микросхема имеет гистерезисную защиту от перегрева, цепь блокировки



при пониженном напряжении, а также защиту от переходных токов и перегрузки по току. В управлении последовательностью подачи питающих напряжений микросхема не нуждается.

A5988 поставляются в корпусах двух типов со вскрытыми для улучшения теплоот-

вода основаниями. 36-выводной корпус QFN (суффикс EV в обозначении микросхемы) имеет площадь 6 мм × 6 мм при общей высоте 0.90 мм. Размеры 48-контактного корпуса LQFP (суффикс JP) – 7 мм × 7 мм. Оба корпуса не содержат свинца, а их выводные рамки имеют 100% покрытие матовым оловом.

TE Connectivity представила ремонтные соединители с согласованным импедансом

TE Connectivity решает проблему дорогостоящего снятия и замены поврежденного коаксиального кабеля

TE Connectivity (TE) представила соединители Raychem с согласованным импедансом для авиакосмических приложений. Разработанные в соответствии со стандартом MIL-PRF-32517, эти соединители решают проблему дорогостоящего снятия и замены поврежденного коаксиального кабеля, позволяя быстро и легко производить его ремонт без демонтажа, сохранив волновое сопротивление и другие электрические параметры системы.



Коаксиальные кабели широко используются в авионике и авиакосмических системах, но до сих пор не существовало эффективного решения, позволяющего восстанавливать кабели, поврежденные в процессе эксплуатации. До настоящего времени

любые поврежденные кабели внутри летательного аппарата отключались, извлекались и затем заменялись, что было и долго, и дорого.



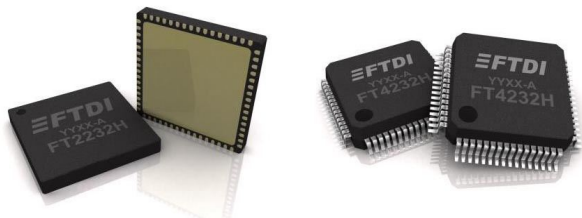
Новые соединители Raychem компании TE рассчитаны на жесткие условия эксплуатации в военных и коммерческих авиакосмических приложениях и хорошо приспособлены к работе при экстремальных температурах, высоком уровне вибрации, сильных электромагнитных помехах и в коррозионных средах. Соединитель состоит из трех частей: шестигранной обжимной втулки для центрального проводника, диэлектрической оболочки, помогающей сохранить геометрию кабеля для контроля импеданса, а также термоусаживаемой соединительной трубки SolderShield, которая одновременно выполняет функции оконцовки экрана кабеля и герметизации соединения для защиты от воздействия окружающей среды.

FTDI расширяет выбор вариантов высокоскоростных интерфейсов USB

Руководствуясь желанием предоставить разработчикам возможность более широкого выбора вариантов интерфейсов ввода/вывода при сохранении площади ранее созданных печатных плат, компания FTDI

анонсировала новые версии своих популярных устройств FT2232H и FT4232H. Эти конфигурируемые высокоскоростные микросхемы интерфейса USB 2.0, поддерживающие скорости обмена до 480 Мбит/с, уже выпуска-

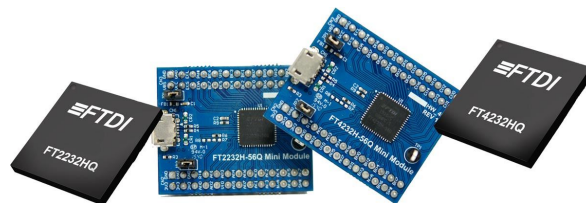
ются серийно в 56-контактных корпусах VQFN, дополняя приборы в 64-выводных корпусах LQFP. В результате упрощаются размещение микросхемы на печатной плате и трассировка проводников, а также облегчается компоновка устройства в условиях ограниченного пространства.



FT2232H и FT4232H содержат два и четыре UART, соответственно. Чтобы обеспечить максимальную гибкость использования в приложениях, обоим каналам микросхемы FT2232H и двум из четырех каналов FT4232H может быть независимо задана любая конфигурация из множества различных стандартных промышленных интерфейсов. Это достигается благодаря наличию многопротокольного движка синхронизации последовательных данных, позволяющего эмулировать JTAG, SPI, I2C, bit-bang или другие синхронные последовательные интерфейсы. Кроме того, как FT2232H-56Q, так и FT4232H-56Q могут монтироваться на мини модули. На этих крошечных печатных платах с двумя рядами выводов установлены разъемы micro-USB, упрощающие подключение микросхем к элементам внешней инфраструктуры.

Основное применение эти микросхемы и модули найдут в сфере доработки уже существующих систем и полевой модернизации

оборудования. Среди других областей использования могут быть виртуальные USB измерительные приборы, считыватели смарт-карт, системы промышленного управления, считыватели штрих-кодов, USB флеш-накопители и интерфейсы портативных электронных устройств (MP3 плееров, цифровых камер и т.д.).



Простота реализации систем на основе FT2232H/FT4232H обеспечивается высокой степенью интеграции приборов, содержащих, в частности, LDO стабилизатор напряжения 1.8 В, схему сброса по включению питания и ФАПЧ с умножителем, обеспечивающую перекрытие диапазона частот синхронизации интерфейса от 12 МГц до 480 МГц. Генератор скорости передачи позволяет вести обмен данными как на общепринятых, так и на нестандартных скоростях. В связи с тем, что все средства поддержки протокола USB находятся на кристалле, использование микросхем не требует разработки специфических для USB программ, что, очевидным образом, сокращает время разработки. Микросхемы поддерживают множество драйверов USB для операционных систем Windows, Mac и Linux. Рабочий диапазон от -40°C до 85°C допускает использование приборов в промышленных приложениях.

Аналог Devices представила кремниевую микросхему мощного переключателя для инфраструктуры сотовой связи

Аналог Devices (ADI) представила кремниевую микросхему однополюсного переключателя на два направления, способного коммутировать пиковую мощность 44 Вт, который позволит разработчикам систем сотовой связи уменьшить размеры устройств и снизить уровень потребляемой ими мощности.

Тенденция роста объемов данных, обрабатываемых оборудованием коммуникационной инфраструктуры следующих поколений, порождает необходимость сокращения

размеров и увеличения пропускной способности цепей предварительной обработки сигналов сотовой связи.

Этим требованиям удовлетворяет разработанный ADI переключатель ADRF5130, высокая степень интеграции которого сводит к минимуму число необходимых внешних компонентов.

Помимо этого, по сравнению с традиционными решениями на основе пин-диодов, переключатель позволяет снизить рассеива-

емую мощность до более эффективных уровней благодаря питанию от одного низковольтного источника и исключительно низкому потреблению тока.

ADRF5130 изготавливается на основе кремниевой технологии и упаковывается в небольшой SMT корпус LFCSP размером 4 × 4 мм.

Типовые технические характеристики ADRF5130:

- диапазон частот: 0.7 ГГц ... 3.5 ГГц;
- вносимые потери: 0.6 дБ;
- изоляция между каналами: 50 дБ;
- линейность: +68 дБм;
- пиковая пропускаемая мощность в непрерывном режиме работы: 44 Вт.

Устойчивость всех выводов к электростатическим разрядам до 2000 В гарантирует высокую надежность устройства.

Переключатель имеет быстрый КМОП-совместимый интерфейс управления с временем переключения менее 1 мкс.

Кроме того, симметричной архитектурой схемы обеспечивается полная взаимоза-



меняемость радиочастотных входов в приложениях большой мощности.

Продукт	Серийное производство	Цена за шт. в партии из 1000 приборов	Корпус
ADRF5130BCPZ	Июль 2016	\$10.04	LFCSP 4 × 4 мм
ADRF5130-EVAL-Z	Нет	\$99.00 за шт.	Оценочная плата

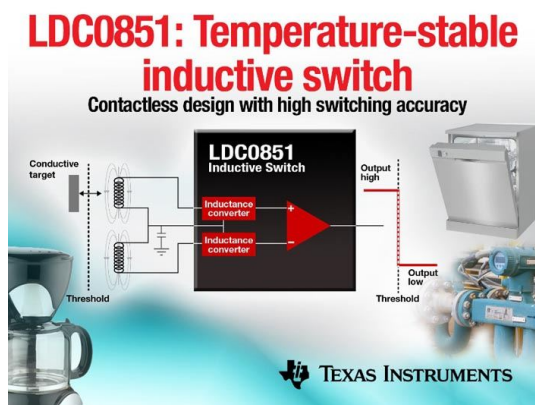
Texas Instruments представляет первый в отрасли дифференциальный индуктивный переключатель

Новейшее устройство с индуктивными датчиками обеспечивает высокую надежность и простоту механической конструкции переключающих устройств

Texas Instruments (TI) представила первый в отрасли дифференциальный индуктивный переключатель с двухкатушечной архитектурой, автоматически компенсирующий отклонения, обусловленные изменениями темпе-

ратуры и старением компонентов. LDC0851 детектирует наличие или отсутствие электропроводного материала, используя простую катушку, нарисованную на печатной плате. Это уникальное техническое решение позволяет создавать недорогие высоконадежные устройства коммутации для различных сфер применения, включая кнопки, поворотные переключатели, детекторы открывания/закрывания дверей, а также датчики скорости и направления в персональных электронных устройствах, промышленном оборудовании и коммуникационных приложениях.

Температурный уход порога переключения LDC0851 не превышает одного процента от диаметра катушки датчика, что минимизирует производственный разброс параметров и исключает необходимость в заводской калибровке. В отличие от альтернативных



сенсорных технологий, бесконтактная и не использующая магнитов конструкция LDC0851 защищена от грязи, пыли и других факторов окружающей среды, предоставляя разработчикам надежное и недорогое решение. Устройство присоединяется к портфелю продуктов компании TI, в котором уже находится внушительное количество интегральных схем управления индуктивными датчиками, включая семейство многоканальных преобразователей индуктивности-код.

Основные особенности и преимущества

- **Стабильный порог переключения:**

Дифференциальная архитектура позволяет поддерживать постоянство порогов переключения во всех диапазонах рабочих температур, влажности и других факторов окружающей среды, а также гарантировать долговременную стабильность параметров, не зависящую от старения компонентов.

- **Высокая точность:**

Устройство может обеспечивать точность переключения лучше 1%, что на порядок превосходит точность, достижимую при использовании магнитных датчиков, и снижает требования к производственной калибровке.

- **Высокая надежность:**

Устойчивость устройства к неэлектропроводным загрязнителям, таким как масло, грязь и пыль, может продлить его время эксплуатации и снизить затраты на замену. Переключатель также нечувствителен к постоянным магнитным полям, гарантируя надежную и стабильную работу в широком диапазоне внешних воздействий.

Низкое энергопотребление:

Управляемая цикличность измерений позволяет снизить среднее потребление тока до уровня менее 20 мкА при 10 выборках в секунду, что практически в пять раз лучше, чем в решениях конкурентов.

Инструменты и средства ускорения разработки

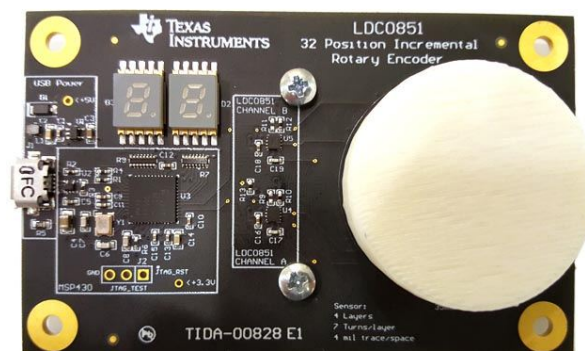
Оценочный модуль LDC0851EVM помогает разработчикам, не прибегая к программированию, легко сконфигурировать LDC0851 и приступить к работе над проектом. Модуль уже можно приобрести в онлайн магазине TI

и у авторизованных дистрибьюторов компании по цене \$20.



Оценочный модуль LDC0851EVM.

Для демонстрации возможностей LDC0851 разработан базовый проект инкрементного энкодера TIDA-00828 с простой 32-позиционной поворотной кнопкой. Используя всего два индуктивных переключателя LDC0851, система может отслеживать как угловое положение, так и направление вращения, а конструкторы могут легко увеличить или уменьшить количество позиций датчика.



Базовый проект инкрементного энкодера TIDA-00828 с 32-позиционной поворотной кнопкой.

Воспользовавшись предлагаемым TI онлайн инструментом проектирования WEBENCH Coil Designer, разработчики смогут в течение нескольких минут приступить к конструированию устройств с индуктивными датчиками. Этот инструмент упрощает учет специфики и требований конкретных приложений при создании систем с сенсорными катушками. Оптимизированная конструкция может экспортироваться в различные системы автоматизированного проектирования для быстрого включения в общую топологию печатной платы.

Корпус, доступность и цены

LDC0851 уже поставляются в не содержащем свинца 8-контактном безвыводном

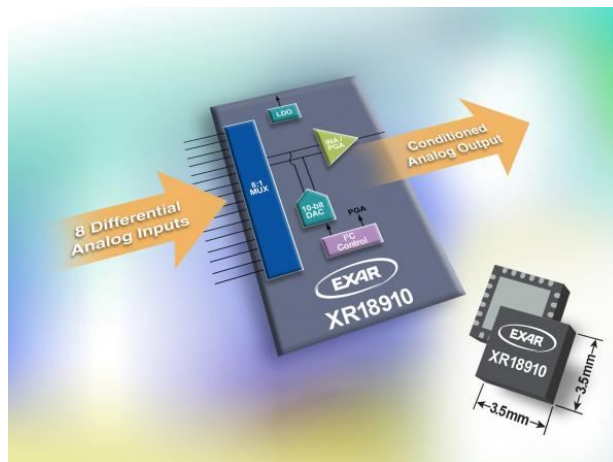
тонком миниатюрном корпусе WSON с размерами 2 × 2 мм, и могут быть приобретены в онлайн магазине TI или у авторизованных

дистрибьюторов компании. Для партий из 1,000 приборов установлена цена \$0.38 за штуку.

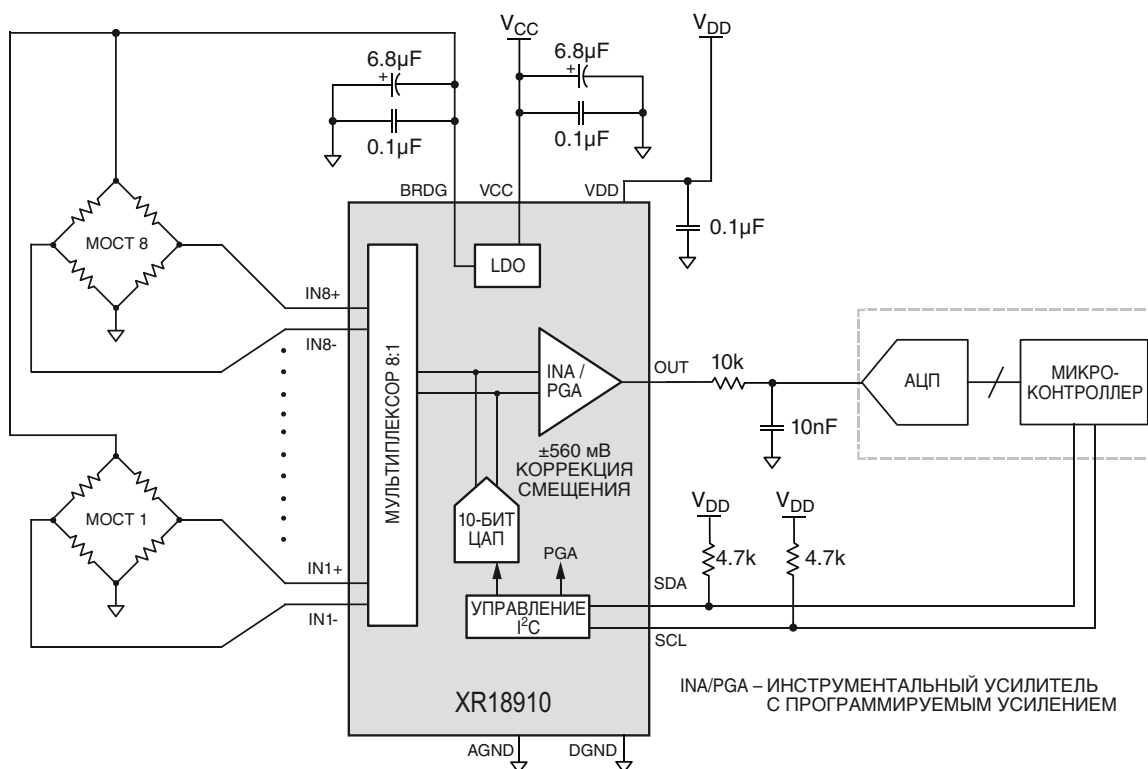
8-канальный аналоговый интерфейс компании Exar упрощает нормализацию сигналов датчиков

Компания Exar сообщила об очередном пополнении своего семейства аналоговых интерфейсов датчиков новым 8-канальным прибором XR18910 в миниатюрном корпусе площадью 3.5 × 3.5 мм. Высокая линейность тракта прохождения сигнала XR18910 обеспечивает 14-битную точность. Микросхема рассчитана на подключение к внешнему микроконтроллеру или ПЛИС с встроенным АЦП.

Интегрированный 10-битный ЦАП позволяет корректировать смещение входных сигналов в пределах ± 560 мВ, устанавливая его значение независимо для каждого из восьми дифференциальных входов. Программируемый инструментальный усилитель имеет восемь фиксированных коэффициентов усиления от 2 В/В до 760 В/В, обеспечивая оптимальное соответствие уровня усиленного сигнала датчика диапазону входных напря-



жений внешнего АЦП. Для питания внешних датчиков в микросхему интегрирован LDO стабилизатор с выходным напряжением 3 В или 2.65 В. XR18910 управляется по последовательному интерфейсу I²C и потребляет в



Типовая схема включения.

активном режиме типовой ток 457 мкА, который в режиме сна снижается до 45 мкА.

«XR18910 обеспечивает разработчиков простым в использовании интерфейсом, калибрующим и усиливающим сигналы от каждого из восьми дифференциальных аналоговых датчиков, чтобы повысить общую чувствительность и точность системы, – сказал Дэйл Ведель, вице-президент подразделения аналоговых продуктов. – Потребляя меньшую мощность, чем аналогичные дискретные решения, он предоставляет большую функциональность для самых различ-

ных приложений, от измерителей силы до устройств управления мощностью солнечных энергетических установок и датчиков. К тому же он занимает меньшую площадь, чем наш 16-канальный интерфейс датчиков XR10910, что делает новый прибор более привлекательным для приложений с меньшим числом каналов».

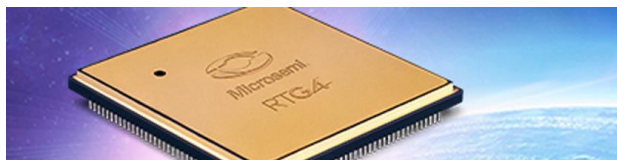
XR18910 выпускаются в корпусах QFN размером 3.5 × 3.5 мм, не содержащих галогенов и отвечающих предписаниям директивы RoHS. В партиях их 1000 приборов одна микросхема стоит \$6.10.

Microsemi анонсирует семейство ПЛИС RTG4 PROTO, снижающих стоимость макетирования космических систем

По параметрам синхронизации и функциям устройства для макетирования идентичны версиям для использования в космической аппаратуре

Компания Microsemi объявила о выпуске линейки программируемых вентильных матриц (ПЛИС) RTG4 PROTO.

Устройства, разработанные специально для макетирования систем космического назначения, позволят снизить стоимость создания и проверки прототипов решений, основанных на новейших высокоскоростных радиационно-стойких ПЛИС.



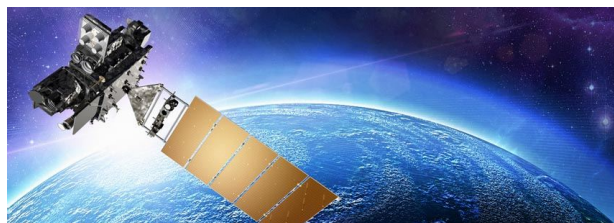
Кроме того, RTG4 PROTO – это единственное в своем роде репрограммируемое решение для макетирования с такими же характеристиками по мощности и синхронизации, что и компоненты, предназначенные для космических летальных аппаратов.

«Наши новые ПЛИС RTG4 PROTO продолжают линию Microsemi на развитие лучших в отрасли средств для космической индустрии, поскольку в них установлены такие же кристаллы и корпуса, которые используются на борту космических аппаратов, отличающиеся лишь тем, что они не прошли через полный цикл испытаний, что и снижает их цену для наших клиентов, – сказал Мин Нгуен (Minh Nguyen), старший менеджер по маркетингу продукции аэрокосмического

назначения компании Microsemi. – Мы подтверждаем нашу приверженность расширению перечня малозатратных решений для создания макетных образцов, включая и самые сложные приложения, чтобы нашими новейшими технологиями помочь потребителям в оценке возможностей аппаратуры и ее макетировании».

Новые ПЛИС RTG4 PROTO позволяют легко выполнять верификацию временных соотношений сигналов схемы и оценку ее энергопотребления.

Поскольку в PROTO использована та же Flash технология, на которой основаны ПЛИС космического назначения, устройства могут многократно перепрограммироваться без извлечения из макетной платы.



Отвечая на запросы разработчиков космических систем, создающих устройства для работы в жестких условиях за пределами атмосферы Земли, Microsemi выполняет электротестирование ПЛИС RTG4 PROTO, гарантирующее надежность сохранения параметров приборов во всем военном диа-

пазоне температур, и предлагает их в негерметичных керамических корпусах.

Согласно опубликованному в 2015 году отчету консалтинговой компании Euroconsult, к 2024 году будет запущено спутников на 60 процентов больше, чем за последнее десятилетие.

Такое увеличение обусловлено, прежде всего, потребностью государственных агентств развитых космических держав в замене и расширении их орбитальных группировок, а также стремлением большего числа стран к приобретению первых собственных спутниковых систем.

В дополнении к спутниковым приложениям, ПЛИС RTG4 компании Microsemi идеально подходят для космических ракет-носителей, орбитальных кораблей и посадочных модулей, а также для аппаратов зондирования дальнего космоса.

Конечными потребителями устройств будут разработчики, администраторы программ, системные архитекторы и инженеры по компонентам для космической отрасли.

Выпущенные компанией на рынок в 2015 году ПЛИС RTG4 принесли новые возможности индустрии космических систем и помогли обойти узкие места в обработке сигналов спутниковой связи, а также решить другие проблемы, типичные для космических приложений.

Решения Microsemi предоставляют разработчикам космических систем средства макетирования для всех этапов процесса разработки, начиная от недорогих аналогов космического оборудования, предназначенных для коммерческой эксплуатации, и заканчивая прототипами новых радиационно-стойких устройств.

ПЛИС PROTO будут использоваться в разрабатываемых отладочных наборах для RTG4, предоставляя конструкторам космических систем комплексную платформу для оценки и проектирования.

Доступность продукта

ПЛИС RTG4 PROTO можно заказать у Microsemi уже сейчас.

настоящее немецкое качество



контрольно-
измерительное
оборудование

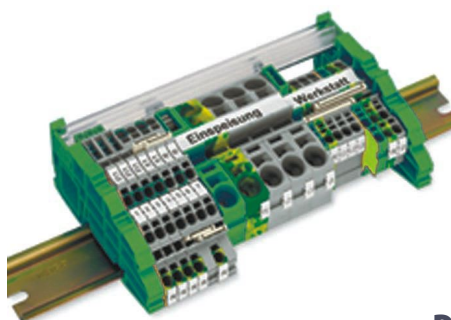


»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



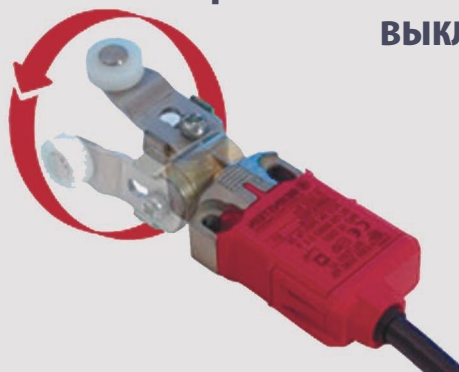
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS



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

Синхронная или асинхронная? Правильный выбор топологии DC/DC преобразователя повышает эффективность системы

Meng He, Maxim Integrated

Application Note 6129

Знаете ли вы, что повышение окружающей температуры на каждые 10 градусов сокращает время жизни компонентов на 50% [1]? Что снижение или колебания напряжения источников питания могут приводить к преждевременным отказам, и даже выгоранию деталей вашей системы? Несомненно, почти каждый согласится с тем, что источники питания для энергоемких приложений должны быть долговечными и эффективными. Но что насчет их топологии? Должна ли она быть синхронной или асинхронной? Посмотрим на преимущества и недостатки каждой.

Варианты питания вашего устройства

Каждой электронной системе нужен источник питания, и обычно напряжение источника питания выше, чем требуется приложению. Представьте, что у вас есть источник 9 В, и вам нужно понизить напряжение до необходимых вашей системе 5 В. В вашем распоряжении несколько вариантов:

1. Простой делитель напряжения с каким-либо элементарным регулятором, таким, как стабилитрон. Стабилитрон вместе с резистором, ограничивающим ток, понизит напряжение с 9 В до 5 В, при этом на резисторе упадет 4 В. В результате мы получим тепло и потери энергии.
2. 5-вольтовый линейный регулятор (LDO). Опять же, вы берете 9 В и получаете 5 В, а 4 В падает на регуляторе. Если схема потребляет 1 А, то на регуляторе рассеивается мощность 4 Вт. И опять вы можете сказать, что 4 Вт неиспользуемой мощности теряются в виде тепла.
3. DC/DC преобразователь. Здесь ключ, как правило, с ШИМ управлением, коммутирует подключенные к его выходу катушку индуктивности и конденсатор. Когда выходное напряжение достигает 5 В, коэф-

фициент заполнения импульсов ШИМ падает почти до нуля. Ключ потребляет очень маленький ток, поэтому рассеиваемая мощность тоже мала. Это, безусловно, самый эффективный вариант.

Входные напряжения DC/DC преобразователя могут быть любыми из стандартного ряда 6, 9, 12, 24 или 48 В. Силовой трансформатор понижает 120 В переменного тока до стандартного уровня напряжения. Затем после выпрямления и фильтрации постоянное напряжение стабилизируется для коммерческого или промышленного использования. Например, установленные для систем телефонии 48 В, определяются напряжением батарей резервного питания. Если напряжение в сети переменного тока упадет, сразу же подключится резервная система. Совсем другая история – портативное оборудование. Эти устройства обычно работают от батарей, которые сразу дают постоянное напряжение, но им требуется стабилизированное напряжение. Поскольку напряжение батареи со временем уменьшается, его надо повышать, а уже потом стабилизировать. Так что, если ваша система работает от 3.3 В, вы должны поддерживать эти 3.3 В, даже когда напряжение батареи упадет.

При разработке источника питания вы можете выбрать, «как вам представляется», дешевое решение, вроде упомянутого выше простого делителя напряжения и стабилитрона. Заметим, что мы сказали «как представляется», дешевое, так как не принимали во внимание ничего, кроме перечня комплектующих изделий. Эти подходы содержат скрытые и дополнительные затраты на потери мощности, приводящие к большому тепловыделению и сокращению срока службы электронных компонентов системы. Заметим, что LDO регуляторы имеют очень низкие выходные шумы, но имеют такие недостатки, как высокая рассеиваемая мощность, большое падение напряжения и меньшее время работы от батарей.

В наши дни разработчики переключились на DC/DC преобразователи, чтобы получать оптимальное сочетание эффективности, тепловыделения, точности, реакции на переходные процессы и стоимости. Но путь проектирования оптимальной DC/DC системы питания может быть таким же сложным, как ориентирование на минном поле без карты. Рабочая температура преобразователей ограничивает их максимальную выходную мощность, и повышается с уменьшением размеров промышленного оборудования. Кроме того, большинство устройств, как правило, имеет очень слабое принудительное охлаждение или вообще его не имеет. Так какой же вариант схемы DC/DC лучше?

Варианты схем DC/DC: синхронная или асинхронная топология

Это два компромиссных варианта. Асинхронная топология старше, и отличается потерями мощности на внешнем диоде Шоттки. Эти потери равнозначны ухудшению КПД. Здесь мы рекомендуем синхронную топологию, поскольку она обеспечивает более высокий КПД и позволяет создавать более компактные конструкции за счет встроенного эффективного MOSFET. Это фундаментальное различие иллюстрируется Рисунком 1, где сравниваются структурные схемы асинхронного преобразователя и более интегрированного синхронного решения.

Обсудим энергетический КПД. В последние годы поставщики аналоговых ИС начали выпускать синхронные DC/DC преобразователи, чтобы уменьшить потери мощности, возникающие в асинхронных схемах с их

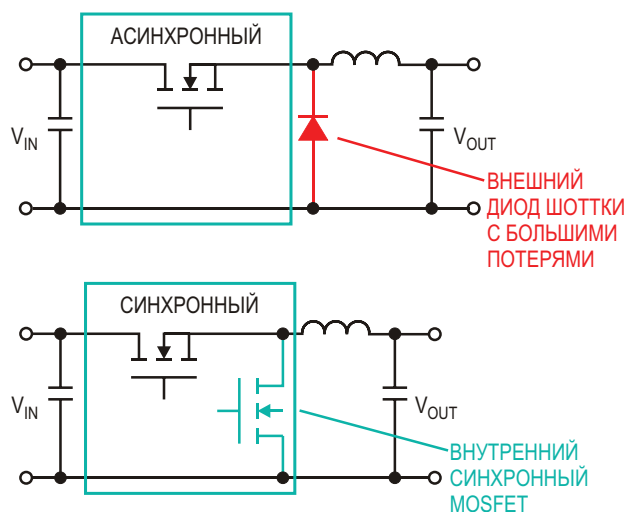


Рисунок 1. Асинхронная топология DC/DC преобразователя (слева) использует внешний диод Шоттки. В синхронной топологии (справа) интегрирован MOSFET, заменяющий диод Шоттки.

внешними диодами Шоттки. Теперь синхронный преобразователь содержит силовой MOSFET нижнего плеча, заменяющий внешний диод Шоттки с большими потерями. Рассеиваемая этим MOSFET мощность зависит от сопротивления открытого канала R_{ON} , в то время как потери мощности на диоде Шоттки определяются его прямым напряжением V_D . При одинаковой величине тока в обеих схемах падение напряжения на MOSFET обычно меньше, чем на диоде, в результате чего в схеме с MOSFET рассеиваемая мощность ниже.

Рассеиваемая на диоде мощность для асинхронного решения вычисляется по формуле:

$$P_D = V_D I_{OUT} \approx 1 \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}.$$

Мощность PFET, рассеиваемая на MOSFET в синхронной схеме равна:

$$P_{FET} = R_{ON} I_{OUT}^2 \approx 1 \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}.$$

Тем не менее, существуют мнения, что асинхронные понижающие преобразователи имеют более высокий КПД при малых нагрузках и больших коэффициентах заполнения [2], и что не существует единственного

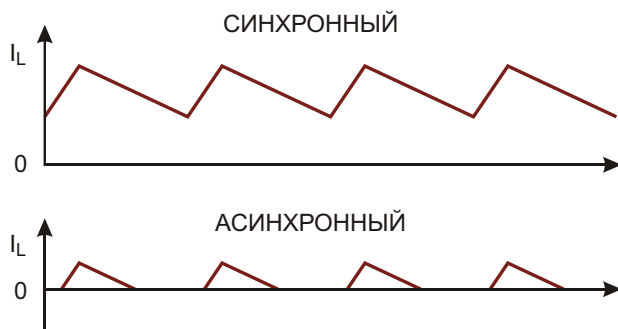


Рисунок 2. Характер токов в синхронном и асинхронном преобразователях.

преобразователя, который имел бы оптимальный КПД во всем диапазоне нагрузок. Разработчики систем питания опять вынуждены выбирать меньшее из двух зол?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим, чем, в первую очередь, обусловлена высокая эффективность асинхронного преобразователя при легких нагрузках. Ток

катушки индуктивности в асинхронном преобразователе течет только в одну сторону и никогда не бывает отрицательным; в синхронных преобразователях ток протекает в обе стороны, и в этом заключается его недостаток (Рисунок 2).

Чтобы исключить это двунаправленное протекание тока в синхронных преобразователях, вводят различные режимы для получения «псевдо-асинхронной» работы при легкой нагрузке. Современные DC/DC преобразователи поддерживают три режима (Рисунок 3):

1. PWM @ CCM: широтно-импульсная модуляция (pulse width modulation – PWM) в режиме непрерывной проводимости (continuous conduction mode – CCM). Здесь преобразователь работает на постоянной частоте, а ток дросселя I_L может становиться отрицательным. Этот режим позволяет преобразователю, сохраняя минимальный уровень пульсаций выходного напряжения, быстро отзываться на любые изменения нагрузки, даже при ее уменьшении до нуля. Однако режим PWM @ CCM дает наименьший КПД при малых нагрузках.

2. PWM @ DCM: широтно-импульсная модуляция в режиме прерывистой проводимос-

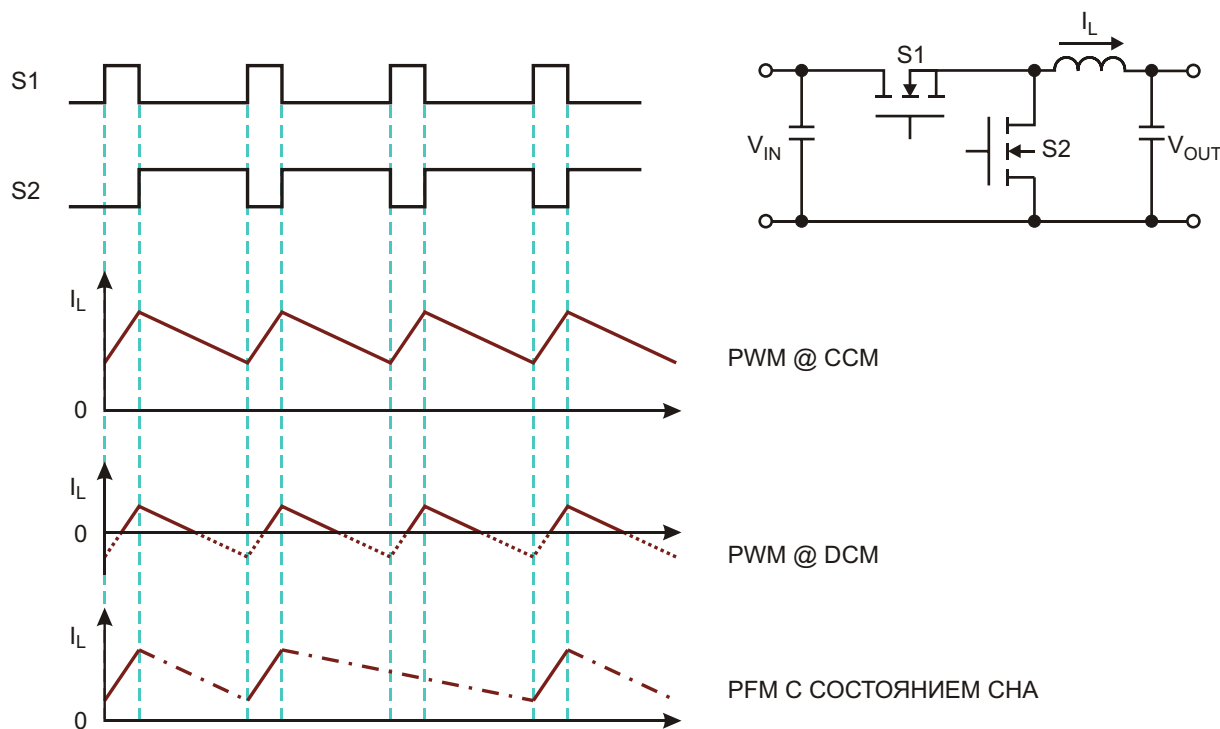


Рисунок 3. Многорежимная работа понижающих DC/DC преобразователей Himalaya фирмы Maxim Integrated.

ти (discontinuous conduction mode – DCM). Этот подход также основан на постоянной частоте переключения, но КПД при малых нагрузках улучшается благодаря исключению протекания тока I_L в отрицательном направлении. Отсутствие отрицательных токов при малых нагрузках придает такому решению сходство с асинхронным.

3. PFM с состоянием сна: частотно-импульсная модуляция (pulse frequency modulation – PFM) со спящим режимом. Этот подход повышает КПД за счет исключения протекания тока I_L в отрицательном направлении, а также отключения обоих МОП транзисторов для пропуска импульсов при малых нагрузках. Во время пропуска импульсов преобразователь переходит в спящий режим, когда все неиспользуемые внутренние схемы отключаются для снижения потребляемого тока. Режим позволяет получить наилучший возможный КПД благодаря наибольшей эффективности при малых нагрузках. Платой за это является небольшое увеличение пульсаций выходного напряжения.

В диапазоне токов нагрузки от среднего до максимального все режимы работают одинаково. Различия начинают проявляться тогда, когда ток нагрузки становится меньше половины размаха тока дросселя.

Вы предполагаете, что основную часть времени ваша система будет находиться в режиме ожидания (то есть, работать с малой нагрузкой), а срок службы батареи имеет критическое значение? Тогда выбирайте режим частотно-импульсной модуляции, так как при

малой нагрузке он дает возможность получить наивысший КПД. Здесь, правда, есть одна тонкость: необходимо убедиться, что увеличение выходных пульсаций и замедление переходных процессов при PFM не повлияют на работу системы в ждущем режиме.

Первостепенное значение для вашего приложения имеет переходная характеристика при легкой нагрузке? Тогда лучшим выбором будет PWM @ CCM, поскольку он обеспечивает наилучшие характеристики переходного режима, даже при нулевой нагрузке.

Разумным компромиссом между этими двумя режимами является режим PWM @ DCM.

Заключительные мысли

Технологии двигаются вперед. Замена внешнего диода Шоттки встроенным эффективным MOSFET, в сочетании с многорежимной работой, обеспечивают в современных синхронных решениях превосходный КПД при минимальных размерах устройств. Настало время принять новую синхронную технологию для повышения эффективности использования мощности в ваших следующих проектах. Это проще, круче и лучше. **РЛ**

Ссылки

1. Knauber, Paul, "[Make The Right Designer Decisions In Choosing DC/DC Converters](#)" Electronic design, Jan. 27, 2011
2. Bindra, Ashok, "[Nonsynchronous Buck Converters Offer Higher Efficiency at Lighter Loads](#)," DigiKey Article Library, 2013-08-27

Использование катушек Гельмгольца для генерации высокочастотных магнитных полей

KC Yang

EDN

Высокочастотные катушки Гельмгольца часто используются для генерации однородных, но изменяющихся во времени высокочастотных магнитных полей. Они востребованы во множестве приложений, например, для измерения степени восприимчивости устройств к внешнему магнитному полю, при калибровке приборов, а также в научных экспериментах. Для генерации требуемого магнитного поля при помощи катушек Гельмгольца необходим высокочастотный драйвер [1]. Поскольку плотность магнитного потока пропорциональна электрическому току, для генерации мощного магнитного поля необходим большой ток. Однако на высоких частотах импеданс катушки также становится высоким.

Для заданной амплитуды напряжения драйвера ток катушки обратно пропорционален ее импедансу. Таким образом, ток и частота являются двумя факторами, противоположно влияющими на величину магнитного поля. Получить высокочастотное магнитное поле очень сложно. В этой статье обсуждаются три способа получения мощного высокочастотного магнитного поля с помощью катушек Гельмгольца.

Введение в высокочастотные катушки Гельмгольца

Катушки Гельмгольца, названные в честь немецкого физика Германа фон Гельмгольца

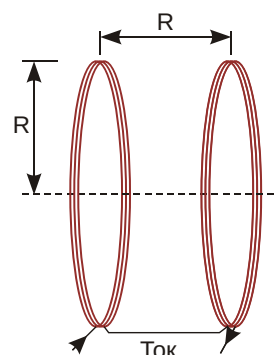


Рисунок 1. Одноосевые высокочастотные катушки Гельмгольца состоят из пары катушек радиусом R , разнесенных на расстояние, равное радиусу.

ца (Hermann von Helmholtz), состоят из двух идентичных параллельных электромагнитных катушек, центры которых зеркально, как показано на Рисунке 1, расположены на одной оси. Проходя через обе высокочастотные катушки Гельмгольца в одинаковом направлении, электрический ток создает между ними магнитное поле с высокой степенью однородности по всем трем измерениям. Такие катушки часто используются для нейтрализации фонового магнитного поля (поля Земли), при измерениях и калибровке, а также для испытания электронного оборудования на восприимчивость к магнитным полям.

Схема и конструкция катушек Гельмгольца

Высокочастотные катушки Гельмгольца состоят из двух катушек. Поскольку две магнитные катушки конструируются так, чтобы быть идентичными, при равенстве радиуса катушек расстоянию между ними образуется однородное магнитное поле. Две катушки соединены последовательно таким образом, чтобы их питал одинаковый ток, который создавал бы два одинаковых магнитных поля. При сложении два поля создают однородное магнитное поле в цилиндрическом объеме в центре пространства между двумя параллельными катушками.

Это однородное поле занимает объем пространства цилиндрической формы, имеющий радиус приблизительно равный 25% от радиуса катушки (R), и длину в 50% от расстояния между катушками. Высокочастотные катушки Гельмгольца могут быть одно-, двух- и трехкоординатными. Многокоординатные магнитные катушки генерируют магнитные поля во всех направлениях трехмерного пространства внутри пары Гельмгольца. Чаще всего высокочастотные катушки Гельмгольца имеют круглую форму. Распространены также квадратные катушки Гельмгольца.

Расчет магнитного поля катушек Гельмгольца

Каждая катушка Гельмгольца образована витками электрических (медных) проводов. Когда через них проходит электрический ток, генерируется магнитное поле. Плотность магнитного потока пропорциональна силе тока. Ниже приведено уравнение магнитного поля катушек Гельмгольца.

$$B = \frac{0.8991 \cdot 10^6 n I}{r} \quad (1)$$

где

B – напряженность магнитного поля в теслах,

n – число витков катушки,

I – ток в амперах,

r – радиус катушки в метрах.

Из выражения (1) следует, что катушка меньшего радиуса генерирует магнитное поле большей напряженности. Кроме того, магнитное поле усиливается с увеличением числа витков каждой катушки.

Эквивалентная схема высокочастотных катушек Гельмгольца

Магнитное поле Гельмгольца генерируется с использованием как переменного, так и постоянного тока. В большинстве приложений с катушками Гельмгольца используется постоянный ток, создающий статическое (постоянное) магнитное поле. В некоторых случаях, например, в научных экспериментах, требуются нестатические магнитные поля с высокими частотами (от кГц до МГц). Эта статья в основном посвящена обсуждению высокочастотных катушек Гельмгольца.

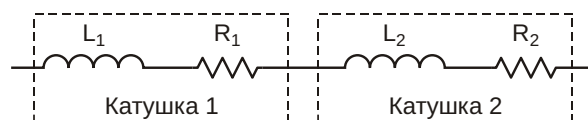


Рисунок 2. Эквивалентная схема двух катушек Гельмгольца, включенных последовательно.

Пара высокочастотных катушек может быть представлена в виде эквивалентной схемы, показанной на Рисунке 2. Каждая катушка моделируется последовательной цепочкой из паразитного резистора и идеальной индуктивности. Как правило, сопротивление паразитного резистора мало. Этой модели достаточно для большинства применений высокочастотных катушек Гельмгольца, в которых испытательная частота значительно ниже частоты собственного резонанса.

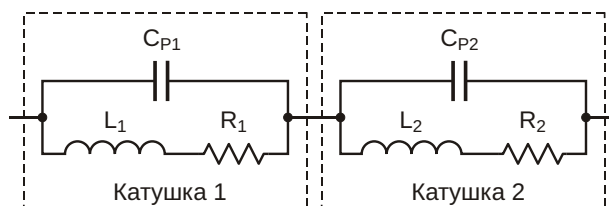


Рисунок 3. Высокочастотные катушки Гельмгольца моделируются двумя последовательными RLC-цепочками.

Если рабочая частота катушки Гельмгольца достаточно близка к частоте собственных колебаний, в эквивалентную схему цепи необходимо также включать ее паразитные емкости ($CP1$ и $CP2$). Паразитные конденсаторы параллельны каждой паре последовательно соединенных индуктивности и резистора, как показано на Рисунке 3.

Частоту собственных колебаний определяют паразитная емкость и индуктивность. Хотя катушки конструируются таким образом, чтобы быть настолько одинаковыми, насколько это возможно, тем не менее, определенные небольшие различия неизбежны. Каждая катушка имеет собственные значения последовательного сопротивления и паразитной емкости.

Схемы подключения высокочастотных катушек Гельмгольца

Высокочастотные катушки Гельмгольца могут быть включены последовательно (Рисунок 2) или параллельно, как показано на Рисунке 4. Последовательное включение гарантирует равенство токов, протекающих через обе магнитные катушки. Обычно последовательное соединение позволяет обеспечить наибольший ток и, таким образом, получить наибольшее магнитное поле. Однако при последовательном включении также удваивается общий импеданс. Более высокий импеданс может потребовать более высокого напряжения источника сигнала. Снизить импеданс можно, используя описан-

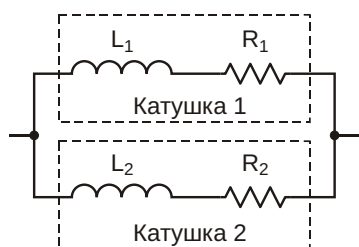


Рисунок 4. Параллельное включение катушек Гельмгольца.

ные ниже резонансные технологии.

Преимуществом параллельного соединения катушек Гельмгольца является более низкий импеданс. Фактически импеданс сокращается наполовину, однако сила тока также снижается вдвое, так как ток разделяется на две катушки. Соответственно, уменьшается магнитное поле. Параллельное соединение допустимо, если для достижения требуемой плотности мощности магнитного поля достаточно половинного тока, и если требуется низкий импеданс, например, в случае низковольтного источника сиг-

нала. Более подробно об импедансе катушек Гельмгольца рассказывается ниже в разделе, описывающем метод прямого управления.

Управление высокочастотными катушками Гельмгольца

Существуют три способа получения высокочастотного магнитного поля. Первый из них – метод прямого управления. Это простейший способ получения магнитного поля для экспериментов. Он позволяет очень легко изменять частоту и магнитное поле в процессе экспериментов. Второй метод – последовательно-резонансный. Такой метод – эффективен для получения мощного магнитного поля и очень высокой частоты – порядка сотен кГц, или даже МГц. Третий путь основан на использовании нового метода резонансного усиления тока. Этот метод позволяет генерировать магнитное поле с наибольшей плотностью. В последующих разделах будет описана каждая технология.

Метод прямого управления

Если эксперимент проводится на низких частотах, или катушки имеют малую индуктивность, или имеют место оба фактора, катушки Гельмгольца могут управляться напрямую с использованием усилителя сигналов генератора, такого как прибор TS250, выпускаемый компанией Accel Instruments. В силу низкой частоты или малой индуктивнос-

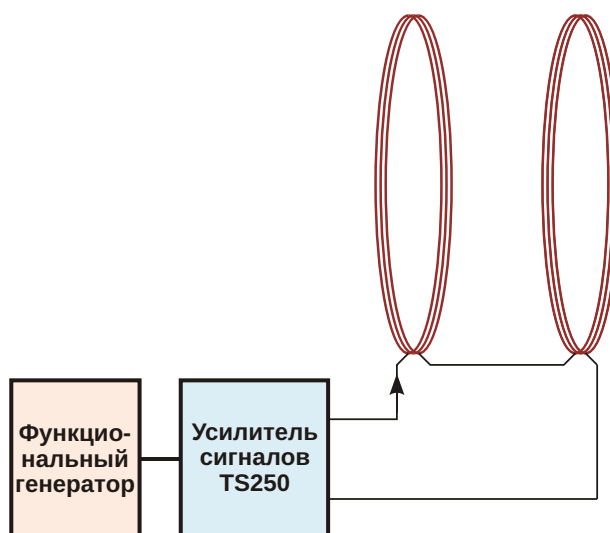


Рисунок 5. Усилитель сигналов генератора TS250 управляет парой катушек Гельмгольца.

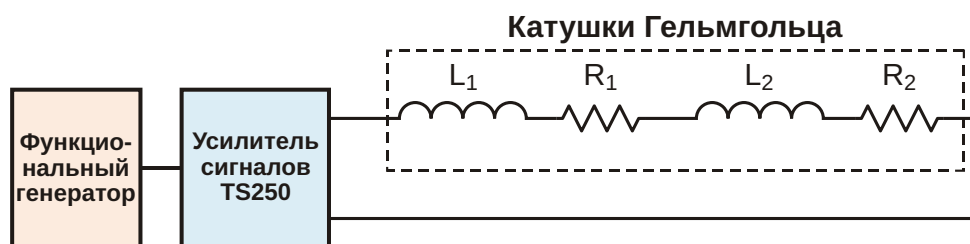


Рисунок 6. Представление схемы, в которой усилитель сигналов генератора напрямую управляет парой последовательно соединенных катушек

ти импеданс катушки достаточно мал, чтобы она могла возбуждаться усилителем напрямую, как показано на Рисунках 5 и 6.

$$V = I \sqrt{(L_1 + L_2)^2 + (R_1 + R_2)^2} \quad (2)$$

где

I – пиковый ток,

ω – угловая частота, $\omega = 2\pi f$,

$L_1 + L_2$ – общая индуктивность,

$R_1 + R_2$ – общее сопротивление.

Для вычисления тока катушки, необходимого для генерации заданного магнитного поля, используется выражение (1). Далее при помощи выражения (2) вычисляется максимальное необходимое напряжение. Обратите внимание, что небольшое паразитное сопротивление игнорируется. Напряжение максимально, когда максимальны и ток, и частота. И, наконец, нужно подключить к катушкам Гельмгольца источник сильноточного высокочастотного сигнала, который можно сформировать, например, с помощью усилителя TS250.

Метод последовательного резонанса

Если частота генерируемого магнитного поля высока, импеданс катушек Гельмгольца

возрастает с частотой ($Z = j\omega L$). На высокой частоте импеданс катушки становится очень высоким, поэтому для получения большого тока катушки требуется очень высокое напряжение. Скажем, на частоте 200 кГц импеданс катушки с индуктивностью 2 мГн составит 2512 Ом. Например, если вы питаете катушку напряжением 40 В, то сможете получить примерно 16 мА ($40 \text{ В} / 2512 \text{ Ом} = 16 \text{ мА}$). Чтобы получить необходимое магнитное поле, для большинства приложений такого тока будет недостаточно. Для приложений с мощным магнитным полем требуется пропускать через катушку более сильный ток. Однако для того, чтобы через катушку пошел ток 2 А, к ней необходимо приложить напряжение 5024 В! Генерировать 5 кВ на частоте 200 кГц не так-то просто.

При необходимости получения большого тока и высокочастотного магнитного поля можно рекомендовать последовательный резонансный метод.

Для работы высокочастотных катушек Гельмгольца в резонансном режиме в схему добавляется последовательный конденсатор, как показано на Рисунке 7. Знак импеданса этого конденсатора противоположен по отношению к катушке. Таким образом, конденсатор выступает в роли устройства компенсации импеданса. На резонансной частоте реактивное сопротивление конденсатора (мнимая часть импеданса) полностью ком-

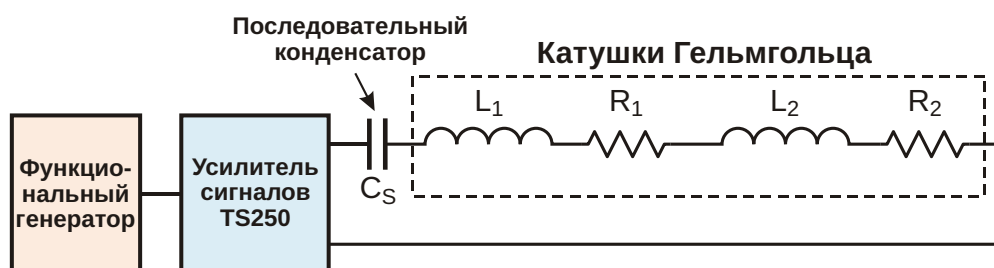


Рисунок 7. На частоте резонанса усилитель сигналов генератора отдает в катушки Гельмгольца большой ток.

пенсирует реактивное сопротивление катушки. То есть, реактивные сопротивления катушки и конденсатора имеют одинаковую величину и противоположные знаки.

Остается только паразитное сопротивление катушки индуктивности. Теперь, когда протеканию тока препятствует лишь резистивная компонента импеданса, усилитель сигналов генератора (TS250) может прокачивать через катушки Гельмгольца (LCR-схема) большой ток даже на высокой частоте. Этот метод дает возможность усилителю сигнала отдавать высокочастотным катушкам больший ток, но применим он только в очень узком диапазоне вблизи резонансной частоты. Недостатком резонансного метода является необходимость пересчета емкости конденсатора при каждом изменении частоты.

$$f_s = \frac{1}{2 \sqrt{(L_1 + L_2) C_s}} \quad (3)$$

$$C_s = \frac{1}{(2 f)^2 (L_1 + L_2)} \quad (4)$$

Расчет частоты последовательного резонанса катушек Гельмгольца дан в выражении (3). Последовательная емкость C_s вычисляется на основании выражения (4). Напряжение на последовательном конденсаторе можно рассчитать с помощью выражения (2). При высокой частоте и большом токе это напряжение может достигать тысяч вольт. Например, если через высокочастотную катушку Гельмгольца, имеющую индуктивность 2 мГн, пропускать ток 1 А с частотой 200 кГц, напряжение на конденсаторе составит 2512 В! Конденсатор должен быть рассчитан, как минимум, на это напряжение.

Осторожно: опасность поражения электрическим током

Обсуждавшиеся выше сильноточные (электромагнитные) катушки Гельмгольца, могут накапливать достаточно энергии, чтобы создать угрозу поражения электрическим током. Убедитесь, что все электрические соединения изолированы с использованием высоковольтных материалов. Соответствующие напряжения должны выдерживать и соединительные провода. Перед подключением или отключением катушки и конденсатора всегда отсоединяйте выход усилителя сигналов генератора.

Метод резонансного усиления тока

Еще один резонансный метод, еще более мощный, чем последовательный, называется резонансным усилением тока. Этот недавно открытый метод может увеличить ток катушек Гельмгольца в два раза. Он позволяет получить ток катушки, равный удвоенному току усилителя сигналов генератора. Следовательно, резонанс усиливает ток и магнитное поле. Более подробную информацию об этом недавно открытом методе можно найти в указаниях по применению генератора высокочастотных магнитных полей [2].

Рисунок 8 показывает включение катушек Гельмгольца при использовании резонансного усиления тока. Для этого необходимы два конденсатора одинаковой емкости. Один конденсатор подключается последовательно с катушками, так же, как в рассмотренной выше схеме последовательного резонанса, а второй – параллельно двум катушкам. Влияние параллельного конденсатора аналогично паразитным конденсаторам, рассмотренным выше в описании эквивалентной схемы катушек Гельмгольца. Резонансная частота вычисляется по формулам (5) или (6). Емкос-

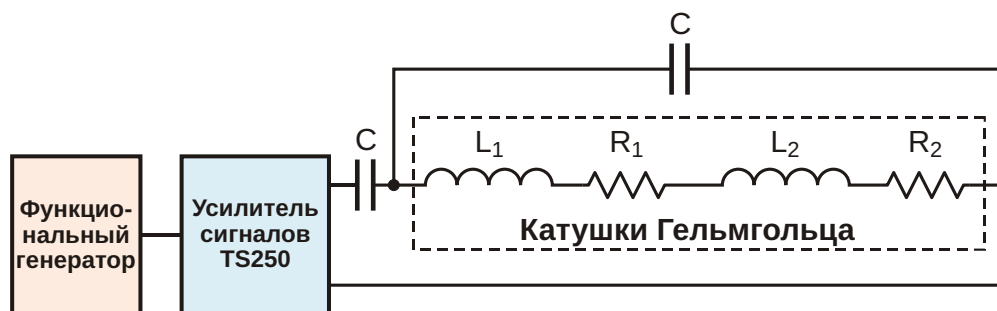


Рисунок 8. Формирование высокочастотного поля Гельмгольца с использованием резонансного усиления тока для удвоения магнитного поля.

ти двух конденсаторов находятся из выражения (7). На частоте резонанса импеданс катушек Гельмгольца имеет чисто резистивный характер и в четыре раза превышает паразитное сопротивление. Катушки, которые должны использоваться в схеме резонансного усиления тока, желательно конструировать так, чтобы их сопротивление было как можно более низким. Также следует иметь в виду, что из-за скин-эффекта сопротивление катушек переменному току больше, чем постоянному.

$$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{2(L_1 + L_2)C}} + \frac{1}{\sqrt{2} \sqrt{(L_1 + L_2)C}} \quad (5)$$

$$f_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{2 \sqrt{(L_1 + L_2)C}} \quad (6)$$

$$C = \frac{1}{2(L_1 + L_2)(2 f_0)^2} \quad (7)$$

Заключение

Были рассмотрены три метода управления высокочастотными катушками Гельмгольца. Простейшим является метод прямого управления, но в общем случае он применим только для низких частот или малых индуктивностей. Метод последовательного резонанса дает возможность пропускать через катушки Гельмгольца большой ток и получать высокочастотное магнитное поле. А новый метод резонансного усиления тока позволяет создавать еще более сильные магнитные поля, даже на высоких частотах. **РЛ**

Ссылки

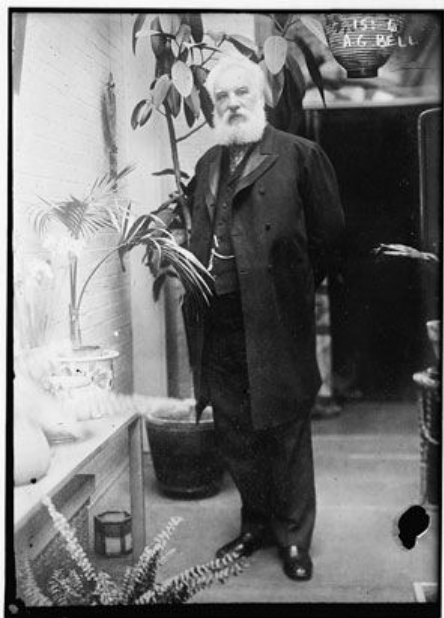
1. "[Helmholtz Coil](#)". Accel Instruments Corp.
2. [High Frequency Magnetic Field Generator](#)
3. "[Magnetic Field Generator Uses New Resonant Circuit](#)". Accel Instruments Corp.

Александр Грейам Белл передал свое первое сообщение 2 июня 1875 года

Amy Norcross

EDN

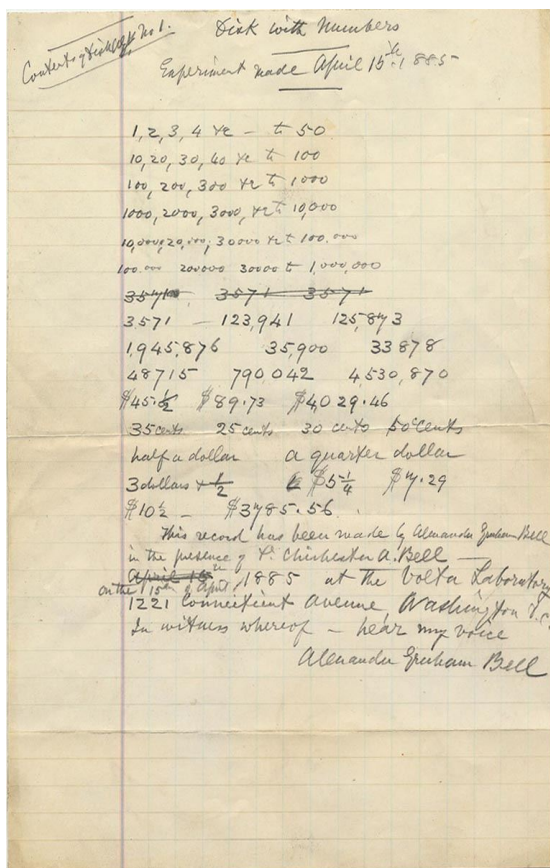
В 1875 году, работая над созданием тонального телеграфа, Александр Грейам Белл (Alexander Graham Bell) и Томас Уотсон (Thomas Watson), случайно сделали важное открытие.



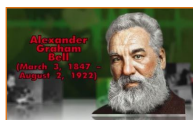
В 1872 году в Бостоне Белл открыл для глухих студентов школу Вокальной физиологии и механики речи, где одной из самых известных его учениц была Хелен Келлер. Свои исследования и эксперименты в области звука он продолжал, совмещая их с преподаванием в этой школе.

Именно там Белл и его помощник Уотсон открыли способ передачи звука по проводам. Белл экспериментировал с электрическими сигналами, намереваясь усовершенствовать телеграф, который на протяжении десятилетий был общепринятым средством общения, однако был способен одновременно передавать лишь одно сообщение. Белл рисовал в своем воображении то время, когда несколько сообщений смогут быть переданы одновременно, и в качестве основы для своих исследований использовал «гармонический телеграф». Принцип работы такого телеграфа заключался в одновременной посылке нескольких тонов по одному проводу, при том, что каждый тон, или сообщение, передавались из разных мест.

2 июня 1875 года, работая в одной комнате с экспериментальным телеграфным устройством, Уотсон попытался освободить пружину, слишком туго намотанную вокруг полюса его электромагнита. При этом он нечаянно дернул ее, отчего пружина издала протяжный звук, который Белл услышал на втором устройстве в другой комнате. Это открытие переключило его внимание с усовершенствования телеграфа на поиски способа реализации потенциала передачи голоса. Несколько следующих месяцев вместе с Уотсоном он провел за созданием работающего передатчика, способного изменять электрические



Рукописная расшифровка аудио записи (датированная 15 апреля 1885 года), содержащей голос Александра Грейама Белла.



Запись голоса Александра Белла

токи, и приемника, который мог бы воспроизвести эти изменения на звуковых частотах. 10 марта 1876 года, говоря через разработанный им инструмент, Белл позвал своего помощника из другой комнаты: «Мистер Уотсон, зайдите. Я хочу вас видеть».

Хранящуюся на покрытой воском картонном диске запись голоса, принадлежность которого Беллу была подтверждена, восстановил в 2013 году Национальный музей американской истории Смитсоновского института в рамках совместного проекта с Библиотекой Конгресса и Национальной лабораторией имени Лоуренса в Беркли.

14 февраля 1976 года, перед его знаменитым «звонком» Уотсону, Белл подал патентную заявку на свои усовершенствования в телеграфии. Примерно в то же время другой изобретатель, Элиша Грей (Elisha Gray), также сконструировал устройство, способное передавать звуки с помощью электрических сигналов, но изобретателем первого практического телефона повсеместно считался Белл. Однако 11 июня 2002 года Конгресс Соединенных Штатов объявил, что честь открытия принадлежит ни тому, ни другому, а итальянскому иммигранту Антонио Меуччи (Antonio Meucci). **РЛ**

Путь компании Kenwood: на рубеже веков

Часть 2

Окончание. Начало в номере 04-2016

Юрий Петропавловский

В первой половине 2000-годов компания постоянно наращивала номенклатуру производимых продуктов во всех сферах своей деятельности, в том числе в области бытовой аудиотехники, связной, автомобильной и навигационной аппаратуры.

В заключение рассмотрим особенности AV ресиверов компании, разработанных в период с 2002 по юбилейный 2006 год (60 лет со дня основания), прошедший под девизом «Вслушиваясь в будущее» (“Listen to the Future”) во главе с президентом компании Харуо Кавахара (Haruo Kawahara). На Рисунке 9 фото из годового отчета Kenwood 2005 года. В настоящее время Харуо Кавахара – председатель и главный исполнительный директор корпорации JVCKENWOOD.



Рисунок 9. Харуо Кавахара.

Поскольку большинство базовых функций AV ресиверов различных производителей в основном одинаковы, здесь рассмотрим пре-

имущественно схемотехнические и конструктивные особенности конкретных аппаратов Kenwood и их отличительные функциональные особенности.



Рисунок 10. Ресивер KRF-X9060D-G.

В линейку AV ресиверов 2002 года входят модели Kenwood KRF-X9060D, KRF-V8060D, KRF-V7060D, KRF-V6060D, VR-6050/6060/6070. Флагманская модель KRF-X9060D (Рисунок 10) получила немало положительных отзывов экспертов и любителей качественного звука, и оснащена набором декодеров пространственного звучания: THX Surround EX (Лукас-фильм), Dolby Digital EX, DTS-ES, Dolby Pro Logic II, SRS Circle Surround II (преобразования моно и стереосигналов в многоканальные). Ресивер содержит шесть звуковых каналов с отдельным линейным выходом для подключения активного сабвуфера (система 6+1). Основные параметры УЗЧ ресивера:

- Максимальная выходная мощность 130 Вт на нагрузке 8 Ом при THD = 10 %;
- THD = 0.009 % на частоте 1 кГц при выходной мощности 50 Вт/8 Ом;

- Полоса пропускания 10 Гц ... 100 кГц (по уровню –3 дБ);
- Динамический диапазон 95 дБ, по входу PHONO MM 75 дБ (полоса 40 Гц ... 20 кГц).

Все шесть УЗЧ ресивера выполнены на дискретных биполярных транзисторах по одинаковой схеме. Выходные каскады выполнены на комплементарных транзисторных сборках TRAIT3KN (n-p-n), TRAIT3KP (p-n-p) с маркировкой Kenwood. Реальный производитель и технические данные этих транзисторов в открытом доступе отсутствуют, однако они имеются в каталогах многих поставщиков запасных частей и электронных компонентов, и продаются по цене 7-10 долларов, например, компанией Encompass (Рисунок 11). Начальный ток 20 мА транзисторов устанавливается переменным резистором, его регулировку производят после 10-минутного прогрева.



Рисунок 11. Транзистор TRAIT3KN.

Для питания усилителей мощности ресивера используются два выпрямителя, питающихся от отдельных обмоток силового трансформатора. В качестве выпрямителей используются интегральные выпрямительные мосты с большой перегрузочной способностью D5SBA20F03 фирмы Shindenen на напряжение 200 В с максимальным током 6 А (пиковый ток до 120 А) и прямым напряжением 0.8...1 В (при $I_{\text{пр}} = 1...10$ А). В аппаратах рассматриваемой линейки могут применяться и аналоги – TS6P03G фирмы TSC (Taiwan Semiconductor). Конденсаторы фильтра обоих выпрямителей содержат по одному конденсатору 4700 мкФ 75 В, выходное напряжение выпрямителей 55 ... 61 В (в зависимости от модели).

От параметров источников питания существенно зависит пиковая выходная мощ-

ность УЗЧ. Косвенно об этом можно судить по весу аппаратов с трансформаторными источниками питания. Например, ресиверы с заявленной выходной мощностью порядка 100...130 Вт весом около 10 кг, скорее всего, будут лучше передавать пиковые басовые музыкальные фрагменты, чем аппараты весом 5 кг с такой же заявленной мощностью. При отсутствии массивных элементов корпусов вес аппаратов в значительной степени определяется весом силовых трансформаторов, в меньшей степени весом радиаторов охлаждения и конденсаторов фильтров выпрямителей (вес модели KRF-X9060D – 10 кг).

Коротко остановимся на особенностях схемотехнического построения рассматриваемых ресиверов.

В качестве электронного регулятора громкости используется многофункциональная микросхема M61516FP фирмы Mitsubishi. В микросхему интегрированы: двоянный 10-канальный коммутатор с входными аттенюаторами; регулятор тембра по высоким и низким частотам и 7+1-канальный регулятор громкости с независимым цифровым управлением. Диапазон регулировки громкости от нуля до –92 дБ, тембра – ± 10 дБ (шаг 2 дБ), входного аттенюатора – 0/–3/–6/–12 дБ, коэффициенты передачи выходных усилителей 0/+3/+6/+9/+12 дБ, напряжения питания +5 В, +7 В, –7 В.

Декодеры пространственного звука ресиверов реализованы на цифровом сигнальном процессоре ADSST-Melody-32 фирмы Analog Devices разработки 2002 года. Этот 32-разрядный сигнальный процессор с фиксированной или псевдоплавающей точкой и производительностью до 160 MIPS обеспечивает декодирование перечисленных выше сигналов многоканального звука, а также сигналов DTS Neo6, MPEG AAC Multichannel, ADI Surround Fields, регулировку задержек в каналах, автоматическое декодирование транспортного потока и сохранение пользовательских настроек. Процессор поддерживает интерфейсы I²S, SPI, S/PDIF и внешние ОЗУ. Напряжение питания 2.5 В.

В качестве приемника цифровых сигналов S/PDIF с оптических входов используется микросхема AK4112A фирмы AKM. Микросхема обеспечивает преобразование последовательных сигналов S/PDIF (96 кГц, 24 разряда) в сигналы стандартного аудиоинтерфей-

са (LRCK, BICK, SDTO) для подачи на DSP и ЦАП ресиверов. Многоканальный аудиокодек AK4529 фирмы AKM обеспечивает аналого-цифровое преобразование стереосигналов в цифровые 24-разрядные потоки с динамическим диапазоном 102 дБ. 8-канальный ЦАП микросхемы преобразует цифровые сигналы пространственного звука в аналоговые сигналы. В аналоговых трактах ресиверов применено множество операционных усилителей NJM4580, NJM4565 фирмы JRC, КМОП коммутаторов TC7..., TC74... фирмы Toshiba, а также большое число дискретных транзисторов. Системы управления ресиверов базируются на микропроцессорах MN101C49xxx фирмы Panasonic.

В линейку ресиверов 2003 года входят модели Kenwood KRF-V7070D, KRF-V8070D, KRF-V9070D, VR-7060/7070/7080. Аппараты линейки мало чем отличаются от соответствующих моделей 2002 года, в том числе по внешнему виду.



Рисунок 12. Ресивер KRF-V6080D.

В 2004 году компания выпустила линейку ресиверов KRF-V4080D, KRF-V5080D, KRF-5580D, KRF-V6080D, KRF-5090D, KRF6090D, VR-804/806/905/906 (Рисунок 12) бюджетного класса, уступающих по качеству звука предыдущим моделям. УЗЧ ресиверов выполнены на гибридных микросхемах фирмы Sanyo: STK-413-220A (Рисунок 13, фронтальные каналы), STK412-020A или STR413-020A, или STK-413-220A (тыловые, задние тыловые, центральный и низкочастотный каналы). Модели KRF-V4080D/V5090D/VR804/VR905 выполнены в варианте 5+1 каналов, KRF-V5580D – 6 каналов (с дополнительным усилителем мощности для сабвуфера), KRF-V5080D – 5+3 каналов (два дополнительных линейных выхода задних тыловых каналов и выход на сабвуфер), KRF-V6080D/V6090D/VR906 – 6+3 каналов (используется дополнительный усилитель мощности для одного заднего тылового канала, а также имеются

2 линейных выхода задних тыловых каналов и один линейный выход на сабвуфер).



Рисунок 13. Микросхема STK-413-220A.

Выходная мощность двухканальных микросхем серий STK412...413... в основном определяется напряжением питания и сопротивлением нагрузки. Например для STK412-020 компания Sanyo указывает номинальную мощность 80 Вт + 80 Вт при THD = 0.8%, напряжении питания ± 45 В и нагрузке 8 Ом. Максимальное напряжение питания этой микросхемы ± 71 В, а выходная мощность может достигать 120 Вт на канал при THD = 0.8 %. Напряжение питания микросхем в рассматриваемых ресиверах равно ± 76 В (микросхемы с индексом А), емкость конденсаторов фильтра выпрямителей – 4700 мкФ, вес аппаратов 7.7 ... 8.8 кг (в зависимости от модели). Основные параметры ресиверов рассматриваемой линейки:

- Максимальная выходная мощность 100 Вт на канал при THD = 0.7 % на нагрузке 8 Ом;
- Общий уровень гармоник 0.05 % при выходной мощности 50 Вт на нагрузке 8 Ом (значительно больше, чем у предыдущих моделей);
- Полоса пропускания 20 Гц ... 70 кГц (уже, чем у предыдущих моделей);
- Отношение сигнал/шум по линейным входам 95 дБ (входы PHONO отсутствуют).

Линейка 2005 года включает модели KRF-V7090D, KRF-V8090D, KRF-X9090D, VR9050/9060/9070/9560/9580. В этих аппаратах ком-



Рисунок 14. Ресивер KRF-X9090D.

пания вернулась к схемотехнике линеек 2002-2003 годов (в УЗЧ используются транзисторы TRAIT3KNNF, TRAIT3KPNF). Внешний вид модели KRF-X9090D показан на Рисунке 14. Параметры аппаратов также аналогичны соответствующим параметрам ресиверов предыдущих линеек.

В 2006 году компания выпустила модели Kenwood KRF-V5100D, KRF-V6100D, схемотехническое и конструктивное построение, а также внешний вид которых аналогичны моделям 2004 года (УЗЧ на микросхемах STK412... STK413...) с соответствующими параметрами. **РЛ**

Идеализированная PSpice модель полностью дифференциального операционного усилителя



Часть 1

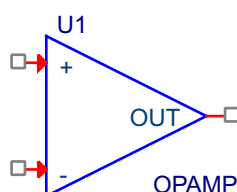
О. Петраков, Москва

В статье предлагаются идеализированные макромодели полностью дифференциальных операционных усилителей для электронной САПР OrCAD, имеющей мощную подсистему моделирования на базе PSpice. Это позволяет более эффективно моделировать некоторые проекты, для которых важна возможность точно оценить влияние внешней обвязки полностью дифференциального операционного усилителя на характеристики проектируемого устройства.

Введение

Идеализированные модели операционных усилителей (ОУ) очень востребованы для моделирования. Причина этого в том, что большинство теоретических выкладок относительно свойств схем с применением ОУ сделано в предположении идеальности ОУ. Поэтому идеальные модели незаменимы, когда требуется обкатать идею или све-

ряться с теорией применения ОУ. В силу простоты, такие модели работают очень быстро. В дальнейшем можно выбрать для этой же схемы PSpice модель реально производимого ОУ, но работать схема уже будет с учетом параметров неидеальности выбранного ОУ. После это в некоторых случаях требуется скорректировать номиналы радиоэлементов, чтобы вернуть схеме расчетные параметры.



GAIN = 1E6
VNEG = -15V
VPOS = +15V

PSpice Template = E^@REFDES %OUT 0 VALUE {LIMIT(V(%+,%-)*@GAIN,@VNEG,@VPOS)}

Рисунок 1. УГО идеализированного ОУ из библиотеки analog.olb и его PSpice Template (шаблон).

В OrCAD v16.6 есть модель идеализированного операционного усилителя OPAMP (Рисунок 1), которая находится в библиотеке *analog.olb*. По умолчанию установлены следующие значения усиления и напряжения питания ОУ, соответственно: GAIN=1MEG, VPOS=+15V, VNEG=-15V. По умолчанию параметры модели OPAMP скрыты от показа. Однако они станут отображаться на схеме, если войти в меню **Edit/Properties** (Редактирование свойств) и при помощи кнопки Display сделать видимыми **Name and Value** (Имя и значение параметров). Работа модели OPAMP описывается шаблоном **PSpice Template** (Рисунок 1), в котором записано математическое выражение на языке PSpice, использующее функцию LIMIT. Функция LIMIT требуется, чтобы ограничить выходное напряжение этой модели ОУ в диапазоне напряжений питания реального ОУ (VNEG, VPOS). Стандартное питание ОУ равно ± 15 В.

Однако в OrCAD v16.6 (как и в более древних версиях [1, 2, 3, 4, 5]) нет идеализированных моделей полностью дифференциальных ОУ [7, 8] со свойствами, аналогичными модели OPAMP. (В Micro-CAP тоже нет таких моделей). Это ограничивает возможность моделирования некоторых схем, для которых может потребоваться точно оценить влияние внешней обвязки полностью дифференциального ОУ на характеристики проектируемого устройства.

В простой полностью дифференциальный ОУ, УГО которого показано на Рисунке 2, добавлен еще один выход. Сигналы на втором выходе находятся в противофазе с сигналами на первом выходе, и, подобно входам ОУ, выходы полностью дифференци-

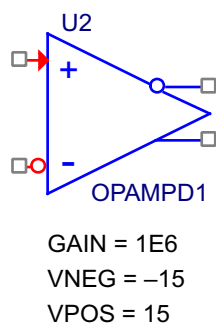


Рисунок 2. УГО идеализированной макромодели простого полностью дифференциального ОУ.

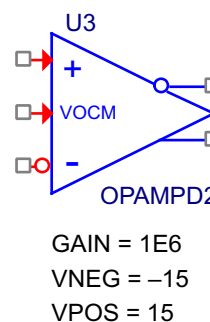


Рисунок 3. УГО идеализированной макромодели полностью дифференциального ОУ с входом смещения VOSM.

ального ОУ называются инвертирующим и неинвертирующим.

Современный полностью дифференциальный ОУ, УГО которого показано на Рисунке 3, имеет еще один дополнительный вывод – VOSM, который служит для управления уровнем синфазного выходного напряжения.

Параметры GAIN, VNEG, VPOS у предлагаемых моделей по умолчанию скрыты от показа. На показ они вызываются так же, как было описано для модели OPAMP. Естественно, эти параметры можно изменять.

Общая структурная схема полностью дифференциального ОУ показана на Рисунке 4 [11]. Схема включает дифференциальный усилительный каскад, который допускает регулировку режимных параметров, схему выделения синфазного сигнала и усилитель ошибки. (Усилитель разности между установленной величиной выходного синфазного сигнала и его реальным мгновенным значением).

Главной особенностью полностью дифференциального ОУ является наличие цепи отрицательной обратной связи по синфазному сигналу. Ее отсутствие фактически приводит к неопределенности уровней выходных напряжений, как в статике, так и в динамике. Действительно, выходной синфазный сигнал определяется режимными параметрами оконечных каскадов, которые, в свою очередь, зависят от уровня входного синфазного сигнала, напряжения питания, технологического разброса параметров компонентов, температуры и других факторов.

Цепь ОС по синфазному сигналу включает элементы, которые выполняют следующие функции: определение текущего уровня син-

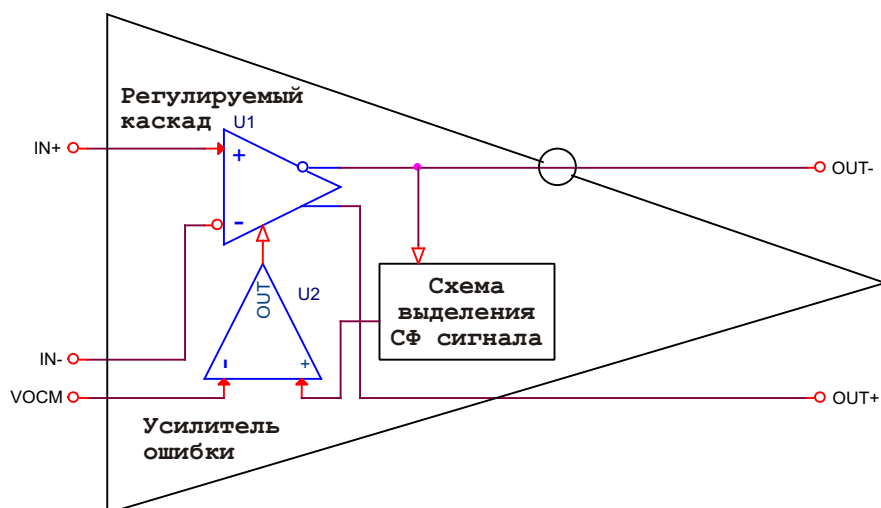


Рисунок 4. Структурная схема полностью дифференциального ОУ.

фазной составляющей выходного сигнала, сравнение его с опорным напряжением VOSCM и коррекция напряжения смещения тех каскадов усилителя, которые определяют величину синфазного сигнала на выходе.

Очень важным является точное выделение синфазной компоненты мгновенного значения выходного напряжения. Присутствие в сигнале ОС определенного уровня дифференциальной составляющей может вызвать снижение устойчивости полностью дифференциального ОУ из-за наличия петли положительной ОС для дифференциального сигнала между точкой приложения ОС для синфазного сигнала и одним из выходов. В наибольшей степени этот эффект проявляется на высоких частотах при большом уровне входного и выходного сигналов, например, при использовании усилителей в схеме УВХ или буфера АЦП, то есть, как раз там, где они чаще всего применяются. Одно из основных правил проектирования состоит в том, что быстродействие цепи ОС по синфазному сигналу не должно быть ниже быстродействия основного тракта полностью дифференциального ОУ.

Создание и тестирование макромодели простого полностью дифференциального ОУ без входа смещения VOSCM

Для начала построим поведенческую модель простого полностью дифференциального ОУ без входа смещения (Рисунок 5). Для этого будем использовать блоки поведенческого моделирования EVALUЕ из библиотеки *AMB.olb* [3, 6]. В соответствии с Рисунком 4 Блоки E1, E2 – регулируемый каскад, блок E4 – схема выделения синфазного сигнала, блоке E3 – усилитель ошибки. Поведенческие блоки E1 и E2, по аналогии с **PSpice Template** модели OPAMP (Рисунок 1), описываются выражением (1) на языке PSpice.

$$\text{LIMIT} (V(\%IN+, \%IN-) * \text{GAIN}, \text{VNEG}, \text{VPOS}) \quad (1)$$

Директивой PARAMETERS в схеме можно управлять численными значениями параметров выражения (1).

Схема нарисована таким образом, чтобы было удобно сделать экстракцию PSpice макромодели полностью дифференциального ОУ. Для экстракции заготовки макромодели

Листинг 1.

```
* source ORCAD_166
E_E1      0 OUT- VALUE {LIMIT( V(IN+,1)*GAIN, VNEG, VPOS) }
E_E2      OUT+ 0 VALUE {LIMIT( V(1,IN-)*GAIN, VNEG, VPOS) }
E_E3      1 0 VALUE {V(0,2)*GAIN }
E_E4      2 OUT+ OUT- OUT+ 0.5
.PARAM    vneg=-15 vpos=15 gain=1e6
```

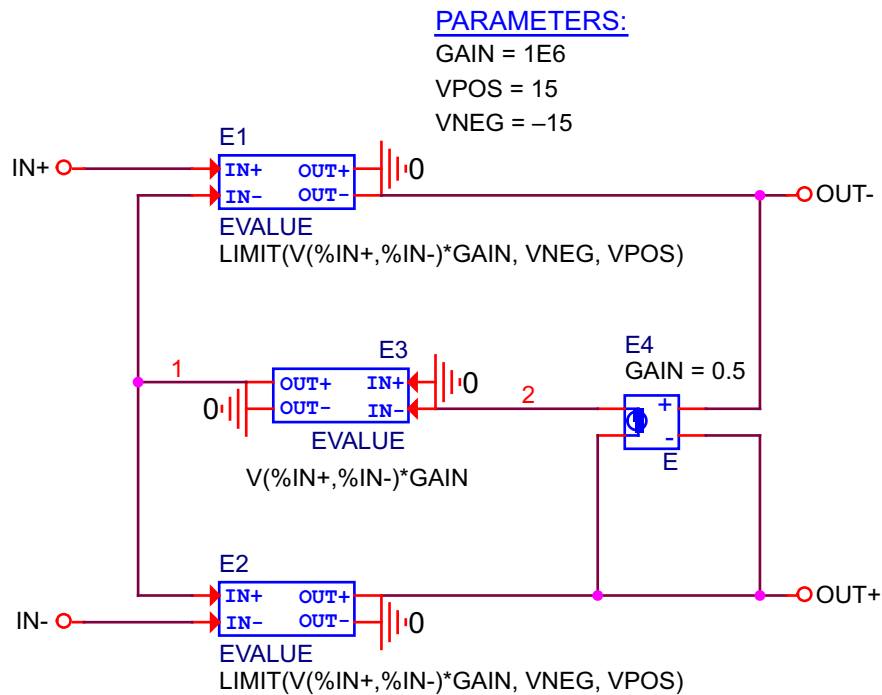


Рисунок 5. Поведенческая модель OPAMPD1 простого полностью дифференциального ОУ.

Листинг 2.

```
*$
* Device type: Completely differential operational amplifier
* Device name: OPAMPD1
* Aythor: Petrakov Oleg pspicelib@narod.ru
* Date: 25 January 2016
.SUBCKT OPAMPD1 IN+ IN- OUT+ OUT- PARAMS: GAIN=1E6 VNEG=-15 VPOS=15
E1      0 OUT- VALUE {LIMIT( V(IN+,1)*GAIN, VNEG, VPOS) }
E2      OUT+ 0 VALUE {LIMIT( V(1,IN-)*GAIN, VNEG, VPOS) }
E3      1 0 VALUE {V(0,2)*GAIN }
E4      2 OUT+ OUT- OUT+ 0.5
.ENDS
*$
```

требуется сгенерировать NET-листинг (Листинг 1) в OrCAD Capture. (Даже если транслятор в PSpice NET-листинг выдаст сообщение

об ошибке, надо продолжить трансляцию NET-листинга, она все равно состоится). Эту заготовку надо оформить как макромодель

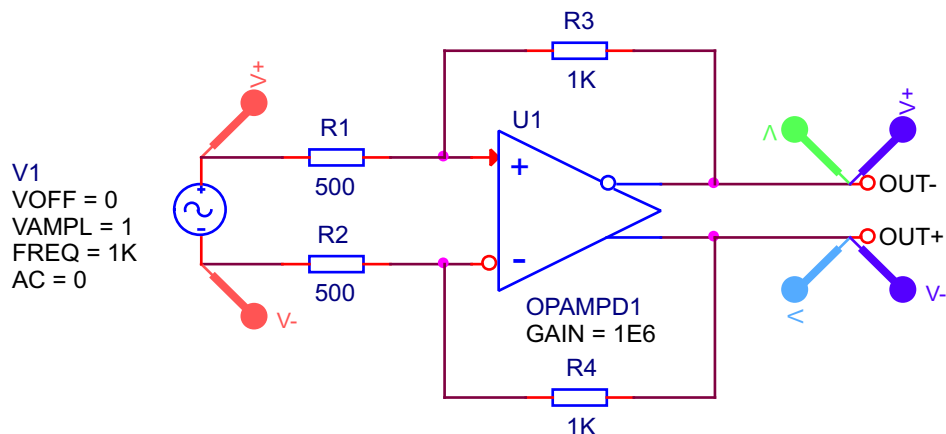


Рисунок 6. Основная схема включения полностью дифференциального ОУ.

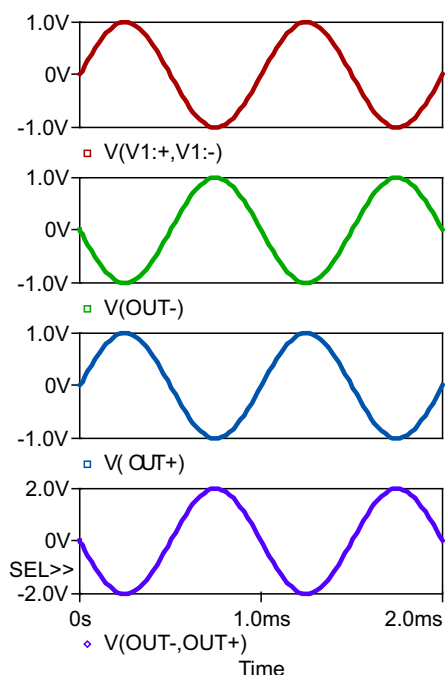


Рисунок 7. Результат моделирования основной схемы включения (Рисунок 6) полностью дифференциального ОУ.

по правилам PSpice и создать условное графическое изображение, чтобы использовать ее в схемных проектах. Готовая PSpice макромодель простого полностью дифференциального ОУ представлена в Листинге 2. Макромодель получила имя OPAMPD1.

На Рисунок 6 показана основная схема включения простого полностью дифференциального ОУ [9]. Результат моделирования (Рисунок 7) показывает, что работа схемы соответствует расчетному соотношению (2) [7], что подтверждает правильность работы модели OPAMPD1 для этого случая.

$$K = \frac{R3}{R1} \frac{R4}{R2} = \frac{1000}{500} \frac{1000}{500} = 2 \quad (2)$$

Попутно заметим, что предлагаемые поведенческие модели OPAMPD1 и OPAMPD2 в линейизированном виде (без функции LIMIT) позволяют использовать эти модели для аналитического расчета и синтеза различных фильтрующих и преобразующих устройств. Использование современных систем компьютерной математики превращает такие задачи в развлечение.

Для теоретического подтверждения справедливости выражения (2) для линейизированной поведенческой модели OPAMPD1 воспользуемся системой компьютерной математики Maple с пакетом расширения MSpice [13]. На Рисунок 8 представлена основная схема включения полностью дифференциального ОУ с использованием поведенческой модели OPAMPD1.

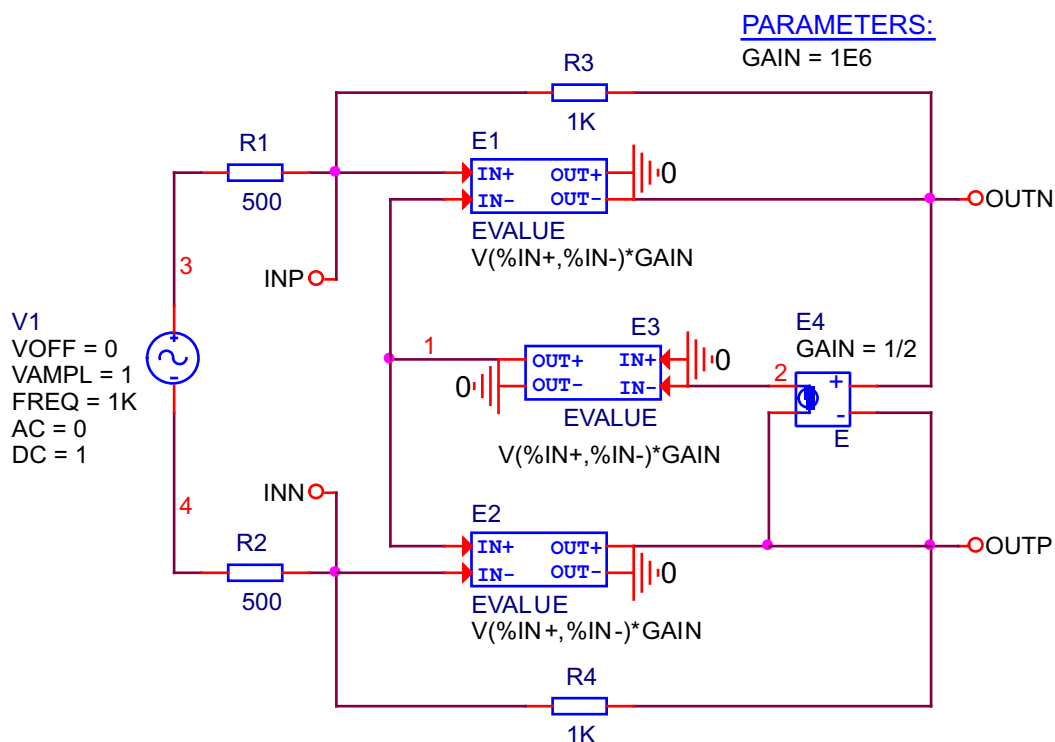


Рисунок 8. Основная схема включения полностью дифференциального ОУ с использованием поведенческой модели OPAMPD1.

На основе NET-листинга, генерируемого OrCAD Capture, составим систему уравне-

ний Кирхгофа для схемы (Рисунок 8) и решим их.

```
> restart: with(MSpice):
ESolve(`ORCAD_166-PSpiceFiles/SCHEMATIC1/SCHEMATIC1.net`);
```

Система Кирхгофа

$$\frac{V_{INN}}{R_2} - \frac{V_4}{R_1} + \frac{V_1_SIN}{R_1} = 0$$

$$\frac{V_{OUTN}}{R_3} - \frac{V_{INP}}{R_1} + \frac{V_3}{R_1} = 0$$

$$\frac{V_{OUTP}}{R_4} - \frac{V_{INN}}{R_2} + \frac{V_4}{R_2} = 0$$

$$\frac{V_{INN}}{R_2} - \frac{V_3}{R_1} + \frac{V_1_SIN}{R_1} - \frac{V_{INP}}{R_1} + \frac{V_3}{R_1} = 0$$

$$V_1 = V_2 \cdot GAIN$$

$$V_2 = \frac{V_{OUTP}}{2} - \frac{V_{OUTN}}{2}$$

$$V_{OUTN} = (V_{INP} - V_1) \cdot GAIN$$

$$V_{OUTP} = (V_1 - V_{INN}) \cdot GAIN$$

$$\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_{INN}, V_{INP}, V_{OUTN}, V_{OUTP}\}$$

MSpice v9.24: pspicelib@narod.ru

Заданы источники: [V1_SIN]

Заданы узлы: {}

Получены решения:

V_NET:=[V1, V2, V3, V4, V_INN, V_INP, V_OUTN, V_OUTP]:

J_NET:=[JR1, JR2, JR3, JR4, JV1_SIN]:

Найдем коэффициент передачи по напряжению

```
> K:=simplify((VOUTN-VOUTP)/(V3-V4));
```

$$K: \frac{(R_3 R_4) GAIN}{GAIN R_1 GAIN R_2 R_1 R_2 R_3 R_4}$$

Найдем коэффициент передачи по напряжению при бесконечном усилении

```
> K:=Limit('K',GAIN=infinity)=
limit(K,GAIN=infinity);
```

$$K: \lim_{GAIN} K \frac{R_3 R_4}{R_1 R_2}$$

Обычно $R_2 = R_1$, $R_4 = R_3$, тогда

$$K: \frac{R_3}{R_1}$$

Эти результаты согласуются с [7] и результатами моделирования аналогичной схемы Рисунок 6, Рисунок 7.

Проведем тест модели OPAMPD1 в схеме преобразования несимметричных сигналов в дифференциальные (Рисунок 9). Это требуется, например, для формирования входных сигналов аналого-цифровых преобразователей с дифференциальными входами. Результат моделирования (Рисунок 10) согласуется с [7], что подтверждает правильность работы модели. **РЛ**

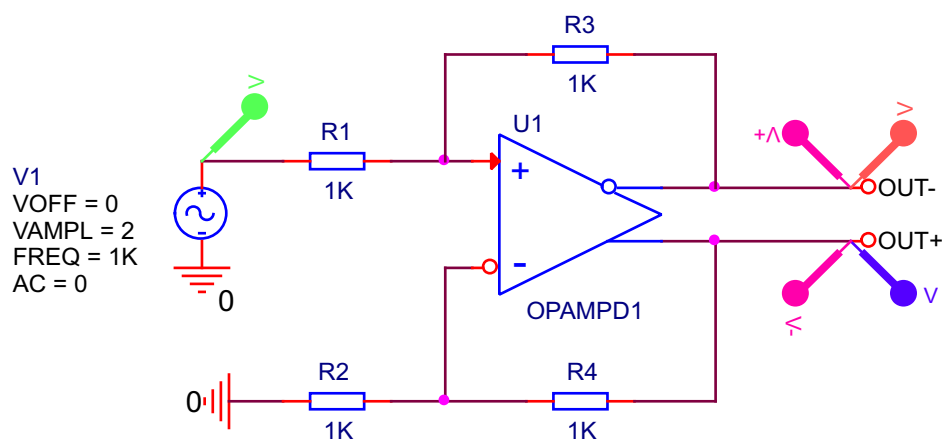


Рисунок 9. Схема формирования входных сигналов для АЦП с дифференциальными входами.

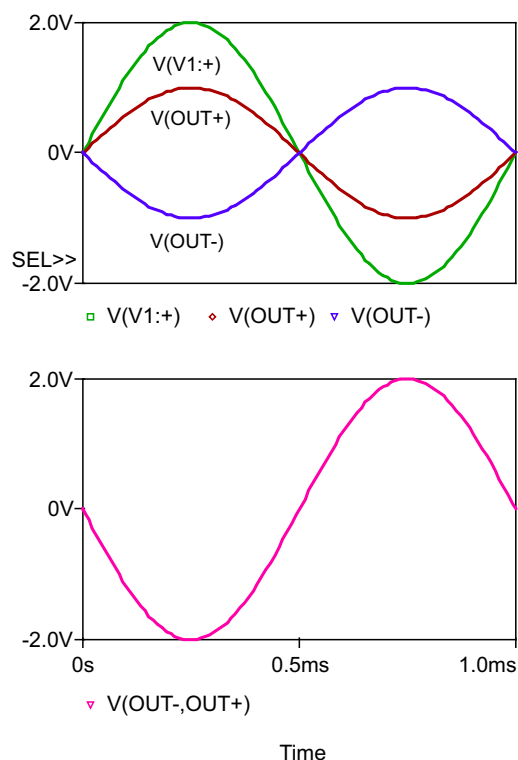


Рисунок 10. Результат моделирования схемы на Рисунке 9.

Литература

1. Разевиг В. Д. Система проектирования OrCAD 9.2. СОЛОН. Москва 2001 г.
2. Архангельский А. Я. PSpice и Design Center. ч. 1. Схемотехническое моделирование. Модели элементов. Макромоделирование. М.: МИФИ, 1996 г.
3. Петраков О. М. Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов. – М.: ИП РадиоСофт, 2004. – 208 с.: ил. – (Книжная полка радиолюбителя. Вып. 8)
4. Хайнеман Р. Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE. Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. 336 с.: ил.
5. Кеон Дж. OrCAD Pspice. Анализ электрических цепей (+DVD). – М.: ДМК Пресс СПб.: Питер, 2008. – 640 с.: ил.
6. Петраков О. М. Поведенческое моделирование в PSPICE. Журнал Схемотехника №3, №4 за 2003 г.
7. Операционные усилители для всех. Брюс Картер и Рон Манчини; пер. с англ. А. Н. Рабодзея. – М.: Додэка-XX1, 2011. – 544 с.: ил. – (Серия «Схемотехника»).
8. Bruce Carter and Thomas R. Brown. HANDBOOK OF OPERATIONAL AMPLIFIER APPLICATIONS. Application Report SBOA092A – October 2001
9. Волович Георгий. Полностью дифференциальные операционные усилители

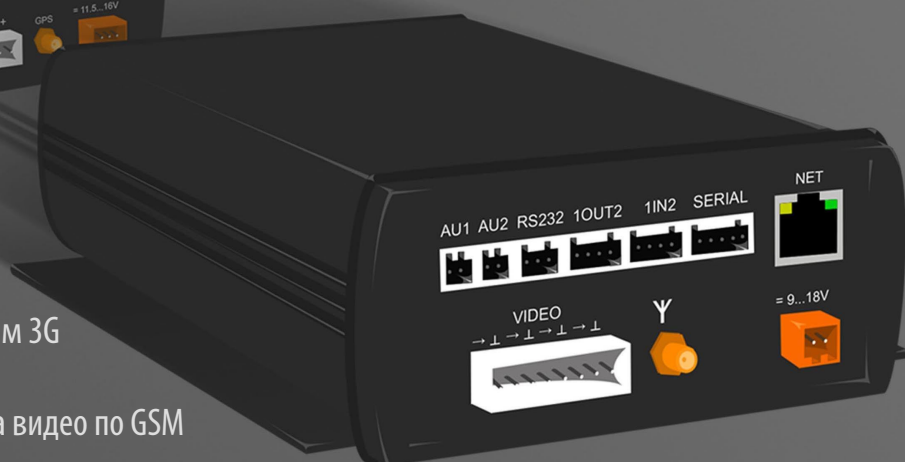
Окончание в следующем номере

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

ОКО Мобайл 3G

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



ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ "ОКО АРХИВ"

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

ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet
сменный жесткий диск

ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet
встроенный жесткий диск

ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



"Децима"

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

Использование контроллера распределения токов с нерезервированными источниками питания

Bob Smith, Linear Technology

Design Note 1036

Введение

Микросхема LTC4370 выполняет функцию контроллера управления схемой «ИЛИ» на двух идеальных диодах, образованных внешними MOSFET, предназначенной для перераспределения токов двух источников питания, работающих на общую нагрузку. LTC4370 может выполнять активную балансировку выходных токов двух источников даже в тех случаях, когда их выходные напряжения неодинаковы. Распределение токов между двумя источниками питания с разными напряжениями, работающими на общую нагрузку, балансируется регулировкой прямого напряжения диода, включенного в цепь с более высоким напряжением. Максимально допустимое падение напряжения программируется внешним резистором, подключаемым к выводу RANGE микросхемы LTC4370.

Обычная система с диодным «ИЛИ» работает по принципу «победитель получает все», когда весь ток забирается в нагрузку от источника с наибольшим напряжением. В такой схеме, где в каждый момент времени активен только один источник, ресурсы двух источников недоиспользуются. Основанная на диодном «ИЛИ» технология перераспределения токов, реализованная в LTC4370, напротив, дает все преимущества использования токов обоих источников:

- За счет уменьшенной вдвое нагрузки увеличивается срок службы каждого источника питания, улучшается распределение тепла и снижаются температурные перегрузки элементов схем источников.

- Исключается ситуация, возможная в схемах с простым диодным «ИЛИ», когда переключение происходит на резервный источник, который, возможно, уже незаметно отказал.
- Динамика восстановления при отказе питания оказывается более гладкой и быстрой, так как изменения нагрузки имеют характер «больше» и «меньше», а не «включено» и «выключено».
- DC/DC преобразователь, образованный двумя источниками, нагруженными наполовину, имеет более высокую общую эффективность преобразования, чем при одном источнике, работающем вблизи верхнего предела своей выходной мощности.

Обычно LTC4370 используется для перераспределения выходных токов двух таких источников питания, из которых каждый способен отдать весь необходимый нагрузке ток, когда выход одного из них падает ниже порога включения перераспределения, установленного резистором, подключенным к выводу RANGE микросхемы LTC4370.

Функция перераспределения может использоваться также для питания общей нагрузки от двух источников, когда ток каждого из них не обеспечивает потребностей нагрузки, а суммарный выходной равен или превосходит ток, потребляемый нагрузкой.

Однако остается одна проблема, связанная с тем, что в нормальном режиме работы LTC4370 позволяет источнику питания с наибольшим напряжением отдавать весь потребляемый нагрузкой ток. Поскольку в

этом случае оставшийся источник неспособен обеспечить полное питание нагрузки, такой режим работы должен быть исключен. Описываемое в этой статье решение при возникновении такой ситуации отключает источник от нагрузки.

Принцип работы

В нормальном режиме работы LTC4370 контролирует токи обоих источников питания. В обычных условиях при использовании настоящих диодов весь ток нагрузка получает от источника с большим напряжением. LTC4370 не допускает такой ситуации, линейно управляя MOSFET в канале с более высоким напряжением таким образом, чтобы обеспечить равенство его тока току источника с меньшим напряжением. Максимально допустимая разность напряжений определяется резистором, включаемым между выводом RANGE и землей.

Если разность входных напряжений выходит за программно установленные пределы, LTC4370 запрещает функцию перераспределения токов. Микросхема имеет два статусных выхода, каждый из которых контролирует напряжение на затворе одного из двух MOSFET. При штатной работе, когда какой-либо MOSFET выключен (то есть, разность напряжений вышла за пределы запрограммированного диапазона), соответствующий этому транзистору сигнал FETON имеет низкий логический уровень.

На первый взгляд, кажется, что если объединить эти сигналы логической функцией «И», они могли бы использоваться для управления нагрузкой, отключая ее, когда MOSFET

закрывается (указывая, тем самым, на потерю контроля над распределением тока). Однако оба сигнала FETON возвращаются в «лог. 0», когда через MOSFET протекает нулевой ток. В этой ситуации, если нагрузке отключена и не потребляет тока, система оставалась бы в таком состоянии бесконечно долго.

Описываемая здесь схема следит за разностью входных напряжений и, если обнаруживается, что она достигла установленного значения, запрещает питание нагрузки. Разность напряжений программируют так, чтобы она была ниже максимального порога микросхемы LTC4370. При обнаружении дисбаланса напряжений нагрузка отключается. При этом для исключения входа в режим колебаний схема переключается в пульсирующий режим (режим «икания»), когда питание подается порциями по 200 мс каждые 3.2 с. Блок-схема цепи слежения за разностью напряжений изображена на Рисунке 1.

Как видно из блок-схемы, для определения факта выхода абсолютного значения разности напряжений между входами источников питания V_{INA} и V_{INB} за допустимые пределы и соответствующего управления распределением токов используются два компаратора. Когда это происходит, на выходе логического элемента «ИЛИ» с активными низкими уровнями устанавливается «лог. 1», включающая схему управления пульсирующим режимом выключения и запуска. В штатном режиме работы напряжение на выходе схемы имеет высокий уровень, и питание нагрузки разрешено. При разбалансе входных напряжений, превышающем установ-

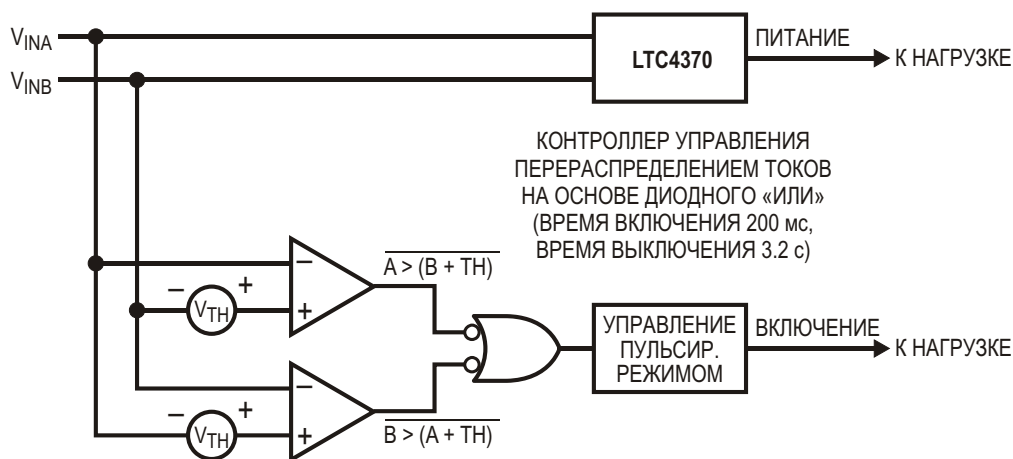


Рисунок 1. Блок-схема сумматора токов.

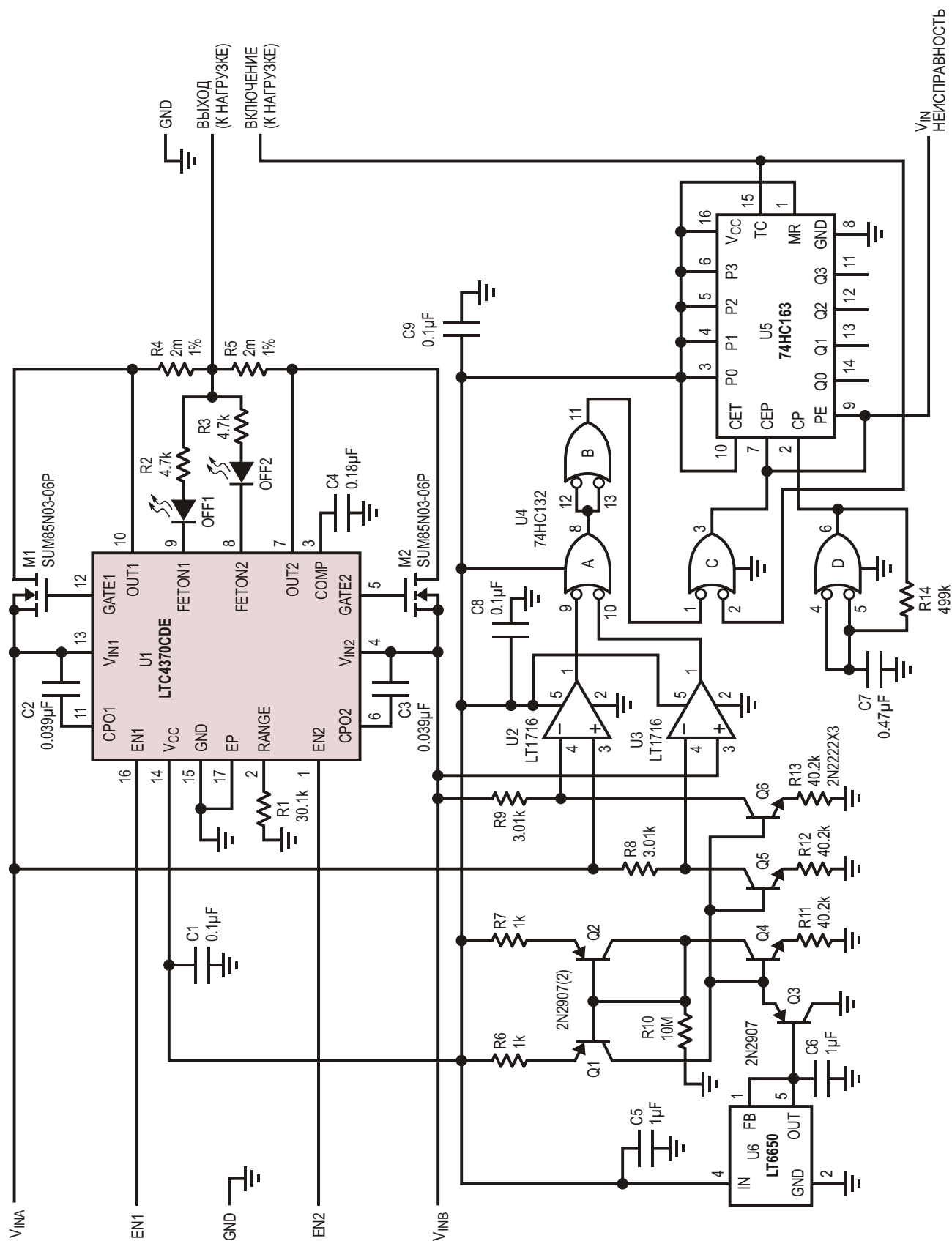


Рисунок 2.

ленное значение, схема управления пульсирующим режимом активируется, и «лог. 0» на ее выходе отключает нагрузку. Схема управления пульсирующим режимом следит за разностью напряжений в течение 200-миллисекундных периодов включения и отключается, когда после устранения неисправности система возвращается к нормальной работе.

Описание схемы

Схема законченного решения изображена на Рисунке 2. U2 и U3 на этой схеме – компараторы LT1716 семейства Over-The-Top, используемые для обнаружения различий между напряжениями V_{INA} и V_{INB} .

Пороговое напряжение смещения для компараторов формируется источниками тока на транзисторах Q5 и Q6 в комбинации с резисторами R8 и R9. Токи коллекторов Q5 и Q6 стабилизируются на уровне 100 мкА транзисторами Q1, Q2, Q3 и источником опорного напряжения LT6650 (U6). При указанных на схеме сопротивлениях резисторов R8 и R9, равных 3.01 кОм, напряжение смещения равно 300 мВ. В случае необходимости в другом смещении величины этих резисторов можно изменить.

Когда напряжение на входе любого компаратора U2 или U3 достигает определяемого смещением порога, на их выходах устанавливается логический ноль, разрешающий переход схемы в пульсирующий режим.

В схеме используется счетверенный логический КМОП элемент «2И-НЕ» (U4) с гистерезисом на всех входах и 4-разрядный программируемый КМОП счетчик 74HC163 (U5).

До тех пор, пока напряжения V_{INA} и V_{INB} не выходят за пределы порогов, заданных резисторами R8 и R9, на выходе элемента U4A будет «лог. 0». Когда напряжения V_{INA} и V_{INB} превышают этот порог, на выходе соответствующего компаратора появляется «лог. 0», устанавливая «лог. 1» на выходе U4A.

Высокий логический уровень на выходе U4A инвертируется элементом U4B, и на одном из входов элемента «ИЛИ» U4C появляется «лог. 0». В результате уровень напряжения на выходе U4C становится высоким, разрешая начало счета счетчику U5. После первого счетного импульса в счетчике будет ноль, и выход переноса TC опустится в «лог. 0». Благодаря обратной связи с выхода

TC на вход элемента U4C низкий логический уровень на выходе U4C будет сохраняться еще в течение следующих 15 входных импульсов, независимо от состояния другого входа, подключенного к U4B. По достижении счетчиком значения 16 логический уровень выхода TC на время 200 мс становится высоким. На это время разрешается подключение нагрузки. Если компараторы определяют, что разность напряжений находится в заданных пределах, счетчик остановится. При этом на выходе TC останется «лог. 1», разрешающая подключение нагрузки. Если же разность напряжений вышла за допустимые границы, счетчик вновь начнет считать до 15, а на выходе TC в это время будет «лог. 0». Таким образом, до тех пор, пока не устранена неисправность, каждые 3.2 с нагрузка подключается на 200 мс.

Синхронизация схемы обеспечивается гистерезисным релаксационным генератором на элементе U4D. Период колебаний, равный 200 мс, определяется номиналами компонентов R14 и C7.

Микросхема LTC4370 (U1) здесь выполняет функцию распределения токов. Резистором R1 установлен порог 300 мВ. Работа этого устройства подробно описана в справочных данных.

Питание дополнительной схемы берется с вывода V_{CC} микросхемы LTC4370.

Выводы

Микросхема LTC4370 разработана, в первую очередь, для выполнения функций контроллера диодного «ИЛИ», управляющего распределением токов между двумя дублированными источниками питания. Добавив несколько дополнительных компонентов, ее можно легко использовать в качестве надежного контроллера распределения токов в нерезервированных системах, где для обеспечения нагрузки питанием требуются оба источника. Описанная здесь схема эту функцию выполняет. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LT1716](#)
2. [Datasheet Linear Technology LT6650](#)
3. [Datasheet Linear Technology LTC4370](#)
4. [Datasheet Texas Instruments 74HC163](#)
5. [Datasheet Texas Instruments 74HC132](#)
6. [Datasheet Vishay SUM85N03-06P](#)

Использование биполярного транзистора в инверсном включении в качестве детектора уровня и демодулятора АМ

Art Hogrefe

EDN

Выпрямители с небольшим напряжением смещения необходимы во многих приложениях, таких, например, как детекторы уровня и демодуляторы АМ сигналов. Падение напряжения на кремниевых диодах равно примерно 0.6 В, поэтому в схемах с низкими уровнями сигналов они работают плохо. Чуть лучше диоды Шоттки, имеющие прямые напряжения порядка 0.4 В. Пока еще имеется возможность достать несколько типов герма-

ниевых диодов, однако диапазон их рабочих температур намного уже, чем у кремниевых приборов. Кроме того, германиевый диод вы не сможете сделать элементом интегральной схемы. Намного более совершенную схему для решения этих задач можно создать на основе биполярного транзистора.

На Рисунке 1 изображена схема фиксатора на биполярном транзисторе в инверсном включении и его типичная передаточная

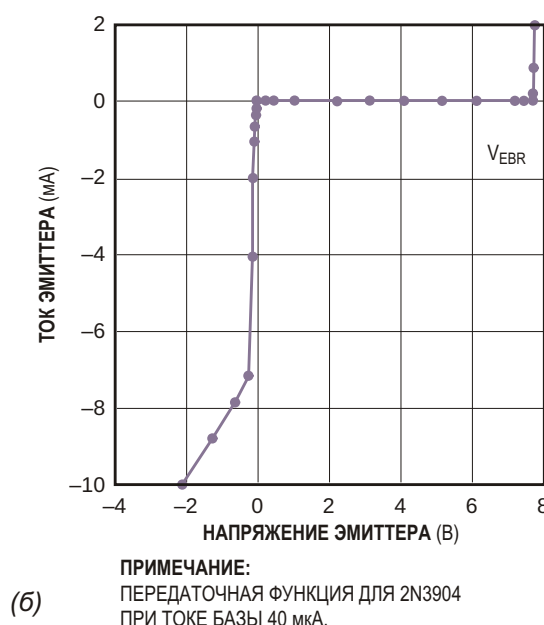


Рисунок 1. Благодаря большому отношению прямого и инверсного коэффициентов передачи тока, фиксатор на биполярном транзисторе 2N3904 в инверсном включении (а) имеет отличные выпрямительные характеристики (б).

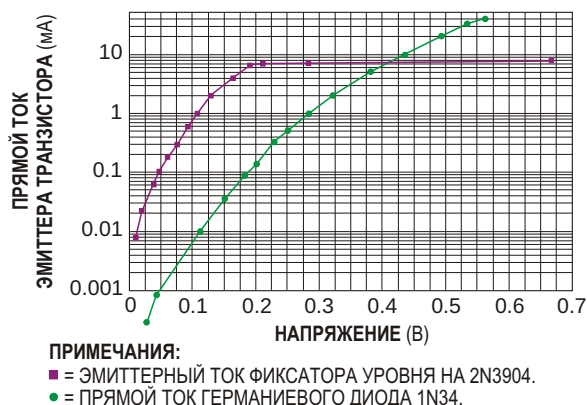


Рисунок 2. Изображенная в логарифмическом масштабе зависимость прямых токов транзистора 2N3904 и диода 1N34 от напряжения демонстрирует впечатляющее преимущество транзистора 2N3904 при малых напряжениях.

функция. Коллектор можно подключать к земле или к опорному напряжению с любым другим требуемым уровнем. Ток базы постоянен. В отсутствие внешнего управляющего напряжения напряжение эмиттера приблизительно равно нулю. Меняя внешнее напряжение на эмиттере, мы получим передаточную функцию, показанную на Рисунке 1.

При использовании транзистора с большим отношением прямого () и инверсного коэффициентов передачи тока схема имеет отличные выпрямительные характеристики. Таких транзисторов существует очень много. Прекрасно подойдет для подобных целей недорогой прибор 2N3904. Инверсный коэффициент передачи тока 2N3904 равен всего 0.25, так что при положительном напряжении

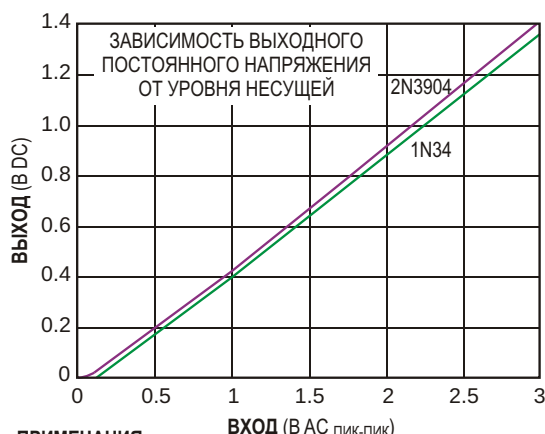
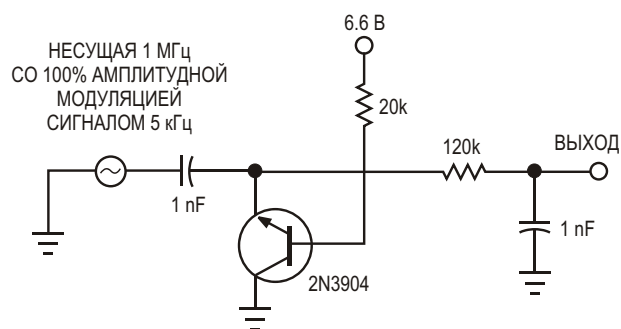


Рисунок 3. При использовании в качестве демодуляторов обе схемы имеют очень похожие отклики на входные сигналы.

на эмиттере и токе базы 40 мкА эмиттерный ток будет равен примерно 10 мкА. Этого тока достаточно для большинства детекторов уровня, в которых амплитуда входного переменного сигнала изменяется с невысокой скоростью.

Даже при небольших отрицательных напряжениях ток эмиттера намного больше, чем в инверсной области, поскольку величина транзистора 2N3904 превышает 100. Импеданс остается низким до появления прямого тока, ограниченного значением , после чего увеличивается до значения равного приблизительно $R1/$. На Рисунке 2 показаны зависимости от напряжения прямого тока эмиттера транзистора 2N3904 и прямого тока точечного германиевого диода 1N34. Логарифмическая шкала тока демонстрирует впечатляющую реакцию транзистора 2N3904 на малые напряжения.

На Рисунке 3 сравниваются детекторы уровня на основе транзисторного и диодного фиксаторов. Транзисторная схема здесь в основном аналогична схеме демодулятора на Рисунке 4, за исключением базового тока, который равен 40 мкА. В диодной схеме анод 1N34 подключен к земле, а катод соединен с входным конденсатором вместо эмиттера транзистора. Из Рисунка 3 видно, что отклики двух схем на входной сигнал очень похожи, а смещение 2N3904 несколько меньше, как и следовало ожидать в соответствии с Рисунком 2. Выходной сигнал может использоваться измерителем уровня или последующими



ПРИМЕЧАНИЯ:
 ТОК БАЗЫ 300 мкА, ОБРАТНЫЙ ТОК ЭМИТТЕРА ПРИМЕРНО 75 мкА.
 ПРЯМОЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ ТОКА 2N3904 БОЛЕЕ 100;
 ОБРАТНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ ТОКА ПРИМЕРНО 0.25.
 ОБРАТНОЕ ПРОБИВНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ БАЗА-ЭМИТТЕР БОЛЬШЕ 6 В.
 ВХОДНОЕ ПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ МЕНЕЕ 6.6 В пик-пик.

Рисунок 4. Для слежения за огибающей высокочастотного сигнала при использовании фиксатора в качестве демодулятора АМ сигнала ток базы транзистора должен быть не менее 300 мкА.

электронными цепями автоматической регулировки уровня или усиления.

На передаточной функции (Рисунок 1) виден резкий скачок инверсного тока при напряжении около 7.6 В, возникающий при подаче обратного пробивного напряжения на переход база-эмиттер. Здесь вам известно, что напряжение базы равно приблизительно 0.6 В, откуда можно заключить, что порог пробивного напряжения исследуемого транзистора находится вблизи 7 В. В схемах, предназначенных для массового производства, входной сигнал необходимо ограничить уровнем 6.6 В пик-пик, поскольку минимальное пробивное напряжение, приводимое в технической документации, равно 6 В. Заметим, что при небольших объемах производства, скажем, при выпуске измерительного оборудования, имеет смысл для каждой схемы подбирать индивидуальные транзисторы, что позволит слегка увеличить динамический диапазон. Впрочем, динамического диапазона 6 В пик-пик вполне достаточно для многих приложений.

Ток базы транзистора в изображенном на Рисунке 4 демодуляторе радиочастотных сигналов равен 300 мкА. Этот ток, необходимый для слежения за огибающей высокочастотного сигнала, зависит от емкости входного конденсатора, частоты модуляции и максимальной амплитуды сигнала. Обратный ток, равный произведению базового тока на

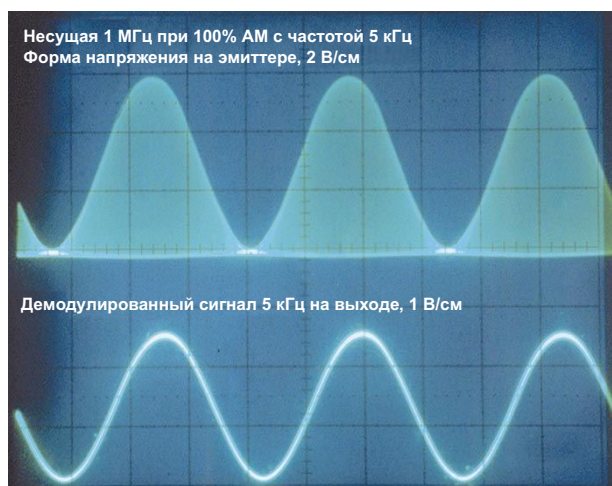


Рисунок 5. Фотография с экрана осциллографа демонстрирует работу демодулятора. Верхний луч отображает сигнал на эмиттере транзистора, а нижний – на выходе схемы.

инверсный коэффициент передачи тока, должен быть достаточно большим, чтобы разряжать входной конденсатор при максимальной частоте и амплитуде модулирующего сигнала, не допуская искажений его формы. Работу демодулятора иллюстрирует Рисунок 5, где верхний луч отображает сигнал на эмиттере транзистора, а нижний – на выходе схемы. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet NJS 1N34](#)
2. [Datasheet Fairchild 2N3904](#)

Солнечная панель питает «дневную лампу» и УКВ приемник

Poonam Deshpande

Electronic Design

Несложная комбинация из солнечной батареи, нескольких светодиодов и небольшого DC/DC регулятора позволит в дневное время освещать темные углы помещения и одновременно обеспечивать стабилизированным питанием маломощную нагрузку

Лампа, работающая от солнечных батарей только в дневное время, может показаться практически бесполезной, однако в домах и офисах есть множество помещений, остающихся относительно темными даже днем. Эта «дневная лампа» светится от расположенной рядом солнечной батареи, а кроме того, имеет дополнительный стабилизированный источник 0.5 Вт, способный питать небольшие нагрузки, такие как УКВ приемник.

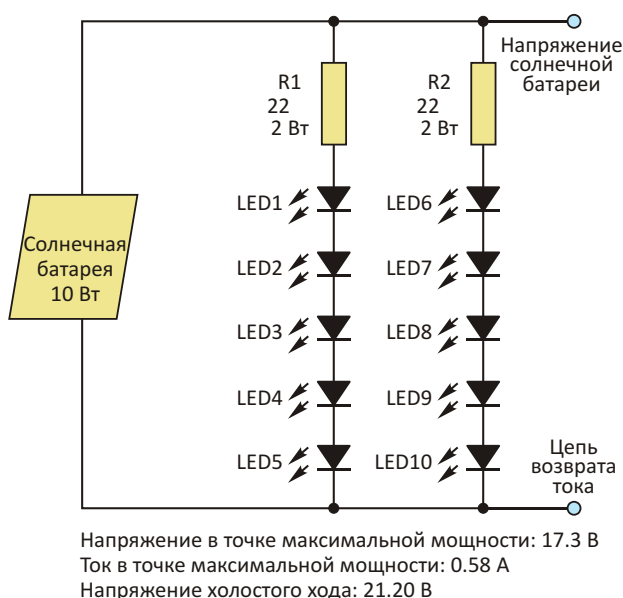


Рисунок 1. На схеме солнечной дневной лампы показаны две идентичных цепочки светодиодов, каждая из которых питается от простейшего источника тока, в котором используется ограничительный резистор.

Для питания дневной лампы используется фотогальваническая панель с номинальной мощностью 10 Вт (Рисунок 1). Ее напряжением, в точке максимальной мощности равным 17.3 В, питаются две идентичные светодиодные цепочки (LED1... LED5 и LED6... LED10). Каждая цепочка состоит из пяти белых светодиодов мощностью 1 Вт каждый. Последовательные резисторы R1 и R2 сопротивлением 22 Ом с допустимой мощностью рассеяния 2 Вт задают токи цепочек.

Выход фотогальванической панели через выключатель соединен с входом импульсного стабилизатора напряжения (ИСН) (Рисунок 2). Конденсатор на входе микросхемы преобразователя снижает зависимость яркости свечения светодиодов от изменения тока нагрузки, зависящего от уровня аудио сигнала на выходе УКВ приемника.

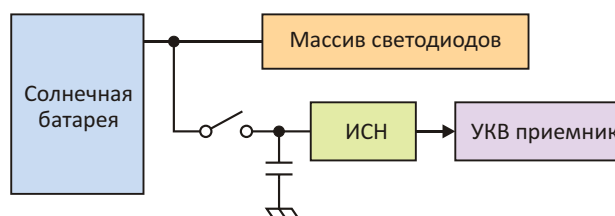


Рисунок 2. Блок-схема дневной лампы с небольшим импульсным регулятором для питания таких дополнительных нагрузок, как, например, маломощный УКВ приемник.

Существует довольно много дешевых микросхем импульсных преобразователей

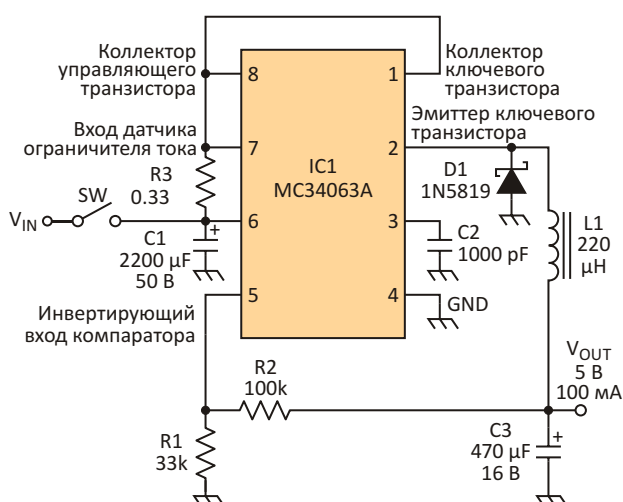


Рисунок 3. В схеме DC/DC преобразователя для питания УКВ приемника (5 В/100 мА) использован самодельный дроссель с индуктивностью 220 мкГн.

напряжения, хорошо подходящих для этого приложения, и три из них очень похожи по степени распространенности, частоте переключения, выходному напряжению, значениям L и C и сопротивлению нагрузки. Это LM3524, MC34063 и LM2575. При прочих равных условиях на преобразователе, основанном на микросхеме MC34063, теряется меньше напряжения батареи благодаря меньшему току потребления и более низкому напряжению насыщения силового ключа. Понятно, что именно эта микросхема и была выбрана для источника питания.

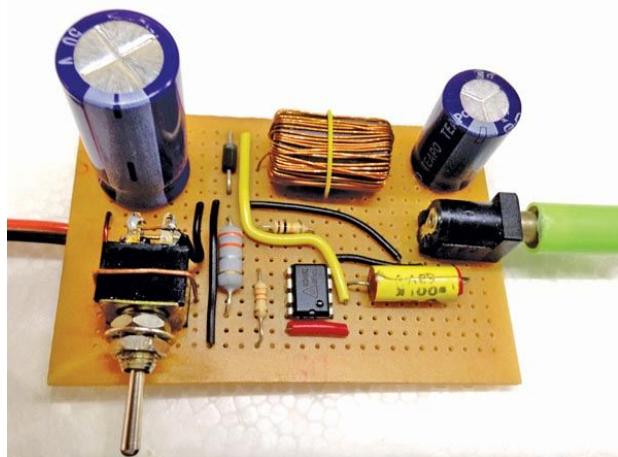


Рисунок 4. Схема DC/DC преобразователя собрана на перфорированной гетинаксовой макетной плате.

Входное напряжение питания (V_{IN}) подается на вывод 6 DC/DC преобразователя

MC34063 через выключатель SW (Рисунок 3). Сглаживающий конденсатор C1 емкостью 2200 мкФ, включенный после выключателя, предназначен для минимизации колебаний напряжения, вызванных изменениями интенсивности освещения. Конденсатор C2 емкостью 100 пФ на выводе 5 задает частоту переключения преобразователя 33 кГц.



Рисунок 5. также использовать две солнечные батареи, слегка изменив схему для защиты регулятора от чрезмерно большого входного напряжения.

Выходное напряжение фильтруется элементами L1 и C3. Индуктивность 220 мкГн изготовлена самостоятельно намоткой 48 витков провода на тороидальный сердечник, в качестве которого вполне можно использовать сердечник диаметром 10 мм и высотой 20 мм,

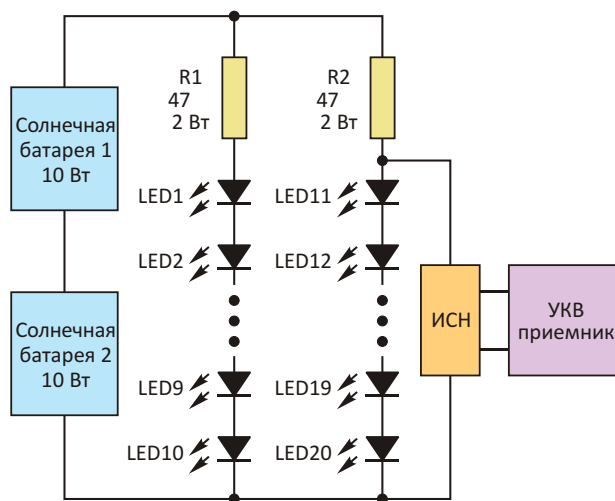


Рисунок 6. Законченная система состоит из солнечных батарей, массивов светодиодов и маленького УКВ приемника.

извлеченный из старого компьютерного кабеля. Сопротивления резисторов R1 и R2 подбираются так, чтобы выходное напряжение равнялось 5 В. Если на выходе должно быть другое напряжение, следует изменить сопротивление резистора R1. Например, для выходного напряжения 6 В сопротивление R1 должно равняться 27 кОм, а для 4.5 В – порядка 39 кОм. Собранный схема показана на Рисунке 4, а полная система – на Рисунке 5.

Чтобы получить больше света, можно сделать дневную лампу с двумя солнечными батареями, включенными последовательно (Рисунок 6). Однако в этом случае максимальное выходное напряжение фотогальванического источника может превысить 40 В, что является предельным значением, установ-

ленным для микросхемы MC34063. Для решения этой проблемы DC/DC преобразователь подключается не непосредственно к выходу солнечной батареи, а к одной из двух светодиодных цепочек. Каждая цепочка состоит из десяти светодиодов с максимальным прямым напряжением 3.5 В. Таким образом, напряжение на цепочке не превышает 35 В. **РЛ**

Ссылки

1. [Simple Solar Day Lamp which lasts for 15 years](#)
2. [High Power Solar Day Lamp](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor MC34063](#)
2. [Datasheet Fairchild 1N5819](#)

Один транзистор защищает преобразователь от коротких замыканий

Keith Szolusha

EDN

В некоторых приложениях с DC/DC преобразователями встроенной в микросхему схемы поциклового ограничения тока может быть недостаточно для надежной защиты от повреждений при коротком замыкании. В асинхронных повышающих преобразователях при коротком замыкании нагрузки образуется прямой путь прохождения входного тока через дроссель и диод. Независимо от наличия ограничителя тока в микросхеме, при коротком замыкании выхода через цепь нагрузки протекает чрезмерно большой ток,

способный повредить диод, дроссель и саму микросхему. В преобразователях с топологией SEPIC (single-ended, primary-inductance-converter – преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью) такой проблемы не существует, так как вход и выход разделены конденсатором. Таким образом, в этом случае при коротком замыкании нагрузки прямой путь прохождения тока от входа к выходу отсутствует. Однако если требуется минимальное время включения меньше значения, определяемого специфици-

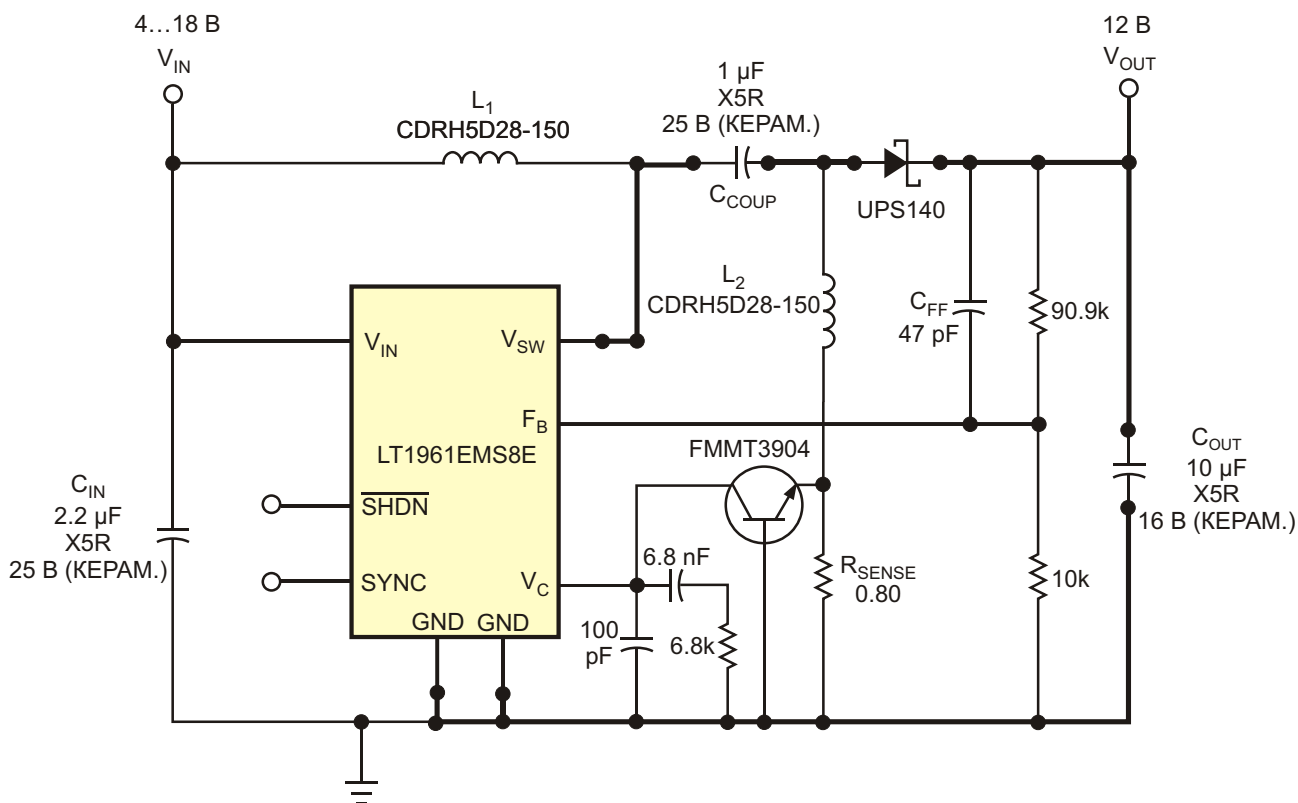


Рисунок 1. Этот SEPIC преобразователь с входным напряжением 4...18 В и выходным напряжением 12 В имеет защиту от короткого замыкания нагрузки.

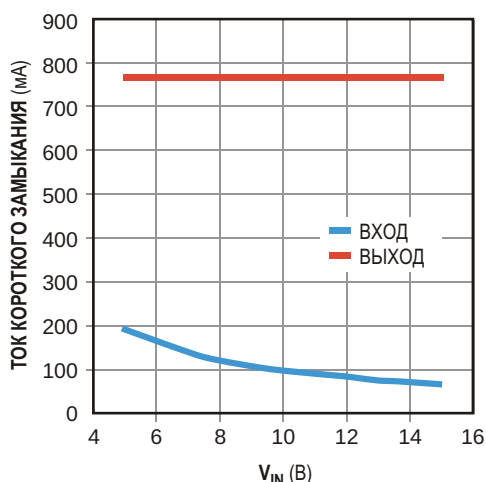


Рисунок 2. Зависимость входного и выходного токов схемы на Рисунке 1 от входного напряжения при коротком замыкании нагрузки.

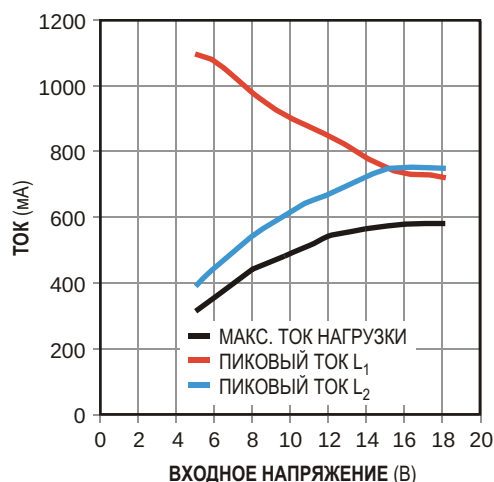


Рисунок 3. Токи схемы при максимальной нагрузке в нормальном режиме работы.

кой конкретной схемы, ток дросселя и, соответственно, коммутируемый ток могут быстро нарастать, приводя к разрушению микросхемы, перегрузке входного источника питания, или и к тому, и к другому. Даже в некоторых понижающих преобразователях конструктивные ограничения, накладываемые на коэффициент заполнения рабочих импульсов, приводят к тому, что ключевой транзистор оказывается включенным в течение времени, слишком долгого для того, чтобы микросхема смогла адекватно среагировать на короткое замыкание нагрузки, особенно при очень больших входных напряжениях и высоких частотах преобразования. Предлагаемая схема на одном транзисторе, опуская уровень напряжения на выводе VC (выход усилителя ошибки) при резком увеличении тока дросселя, происходящем при перегрузке или коротком замыкании выхода, обеспечивает надежную защиту SEPIC от коротких замыканий (Рисунок 1).

Низкий уровень на входе VC останавливает преобразователь, пропуская циклы с минимальным временем включения и позволяя

снизиться току в каждом дросселе. Во время короткого замыкания сумма пикового тока L_1 , уменьшающегося вследствие ограничения числа циклов переключения, и пикового тока L_2 , равны пиковому току ключа, более низкому, чем установленное для LT1961 предельное значение 1.5 А. На Рисунке 2 показаны зависимости входного и выходного токов схемы от входного напряжения при коротком замыкании нагрузки. Рисунок 3 демонстрирует зависимости от входного напряжения токов схемы при максимальной нагрузке в нормальном режиме работы. Средний ток через L_2 равен току нагрузки и в любых условиях нормальной работы не превышает 600 мА. Если ток через измерительный резистор R_{SENSE} достигает 800 мА, что говорит о перегрузке выхода, включается транзистор и защищает схему. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LT1961](#)
2. [Datasheet Diodes FMMT3904](#)
3. [Datasheet Microsemi UPS140](#)

Недорогая схема, объединяющая функции смесителя и усилителя

Guus Colman

EDN

Во многих приложениях последовательность цепей преобразователя частоты состоит из буфера, желательно с некоторым дополнительным усилением по напряжению, смесителя, и элементов фильтрации. Вместо использования усилителя перед входом смесителя вы можете просто объединить функции смесителя и усилителя в одном приборе. В предлагаемой недорогой схеме используется усилитель, имеющий вход запрета. Когда прямоугольные импульсы гетеродина управляют выводом запрета, эти импульсы перемножаются с входным сигналом, в результате чего происходит преобразование частоты.

На Рисунке 1 показан выпускаемый Analog Devices дешевый 300-мегагерцовый rail-to-rail усилитель AD8063. Тестовая схема, в которой этот усилитель использован, в неинвер-

тирующем включении, нагружена на резистор 4 кОм. Коэффициент усиления преобразования задается двумя резисторами в цепи обратной связи. Коэффициент усиления исследуемой схемы равен 20 дБ. Однако следует принимать во внимание потери, связанные с переключением, которые при использовании идеального прямоугольного сигнала с коэффициентом заполнения 50% составляют примерно 10 дБ. С учетом этих потерь усиление преобразования будет равно 10 дБ.

В связи с тем, что коммутация усилителя прерывает ток источника питания, время включения и выключения устройства оказывает существенное влияние на коэффициент передачи и нелинейность, и должно приниматься во внимание. Время включения микросхемы AD8063 составляет 40 нс – меньше, чем время выключения, равное 300 нс. В этих случаях на выход проходит сигнал большей мощности, что увеличивает коэффициент усиления преобразования. На Рисунке 2 пока-

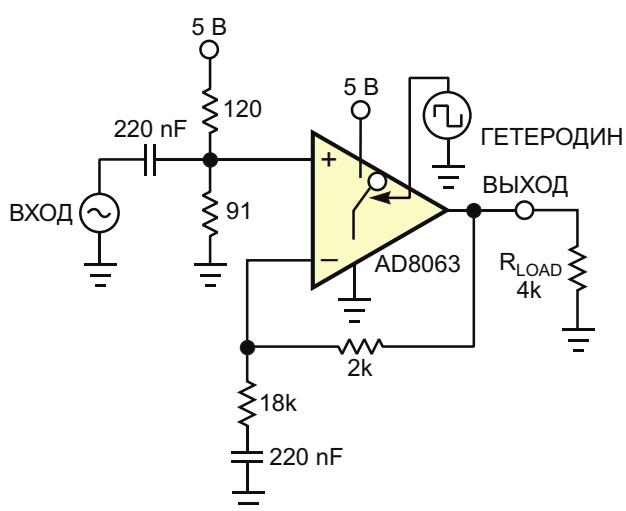


Рисунок 1. В этой схеме объединены функции смесителя и неинвертирующего усилителя. Два резистора в цепи обратной связи устанавливают коэффициент усиления преобразования.



Рисунок 2. График зависимости усиления преобразования тестовой схемы от частоты входного сигнала при ее понижении до 12 кГц с использованием гетеродина с коэффициентом заполнения импульсов равным 50%.

зана зависимость усиления преобразования тестовой схемы от частоты входного сигнала при ее понижении до 12 кГц с использованием гетеродина с коэффициентом заполнения импульсов равным 50%. Меняя сопротивление двух резисторов в цепи обратной связи, вы без труда можете изменить коэффициент усиления.

Еще одним аспектом характеристик смесителя по переменному току являются искажения. Подтвержденный испытаниями схемы при понижении частоты 5-мегагерцо-

вого сигнала с амплитудой 1 В пик-пик до 12 кГц уровень второй гармоники составил –35 дБ, а гармонические искажения по третьей гармонике не превышали –43 дБ. Схема может осуществлять понижающее преобразование двух гармонических колебаний одинаковой мощности частотой 5 и 5.002 МГц до 12 и 14 кГц, соответственно, с интермодуляционными искажениями 47 дБ. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8063](#)

Инфракрасный детектор проникновения из деталей от устройства открывания гаражных ворот

Bert Henscheid

Electronic Design

При создании системы на основе инфракрасного детектора проникновения возникла очевидная необходимость в каком-нибудь способе фокусировки луча. Оказалось, что после небольшой модификации для этого

идеально подходят части от набора деталей для устройства открывания гаражных ворот Safe-T-Beam, выпускаемого компанией Genie и приобретенного в местном магазине товаров для дома. Основной причиной, опреде-

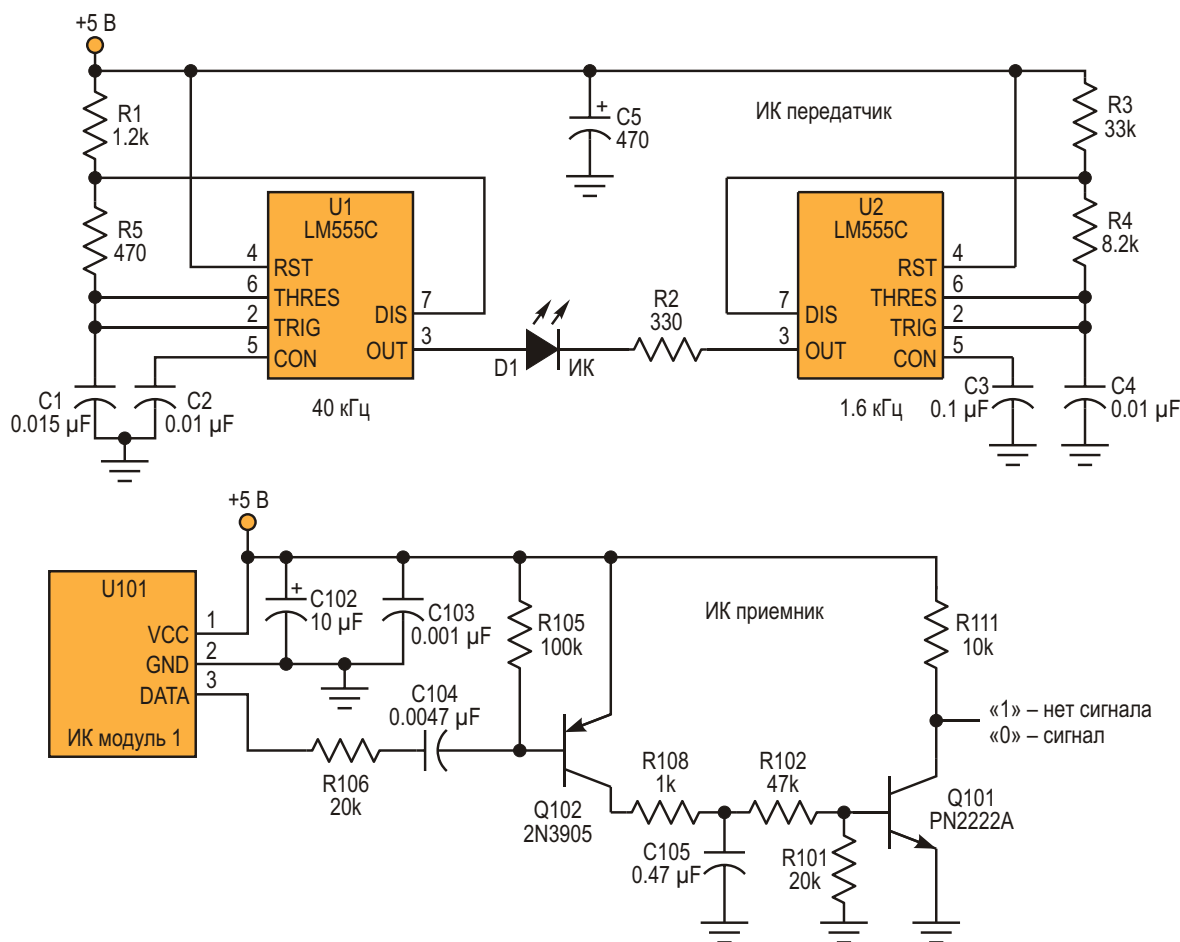


Рисунок 1. Замена оригинального генератора импульсов в передатчике из комплекта устройства открывания гаражных ворот схемой, модулирующей импульсный сигнал, и использование схемы приемника практически без каких-либо доработок, позволяют сделать детектор проникновения, нечувствительный к помехам от дневной засветки.



Рисунок 2. На фотографии показана собранная схема детектора. Для правильной работы устройства очень важно направить луч точно в середину приемника.

лившей выбор устройства Genie, стало наличие в комплекте инфракрасного (ИК) передатчика и приемника, из корпусов которых выступают короткие трубки с пластиковыми линзами. Трубка и линза помогают защищаться от внешней засветки и фокусировать луч, существенно упрощая процедуру установки детектора проникновения.

Интегрированная в механизм двигателя схема ИК передатчика использует импульсный сигнал, облегчающий фокусировку луча. Модуляция ИК луча делает систему невосприимчивой к помехам от солнечной засветки, однако в Genie луч не модулируется.

В результате встроенный в мотор формирователь импульсов не использовался, и элементы передатчика могли быть заменены. Установка новой платы ИК передатчика в старый корпус поверх существующей позволила воспользоваться уже установленными туда ИК диодами.

В схеме ИК передатчика использованы две микросхемы таймера LM555C – U1 и U2 (Рисунок 1). Таймер U1 формирует импульсную последовательность 40 кГц, а U2 модулирует этот сигнал частотой порядка 1600 Гц. Компоненты с критическими параметрами в схеме отсутствуют. Разумеется, устройство может работать и на других частотах.

Несмотря на то, что схема передатчика требует замены, приемник может использоваться практически в исходном виде. Модуль ИК приемника воспринимает модулированный ИК луч и формирует на выводе DATA детектированный сигнал 1600 Гц. Далее этот сигнал поступает на транзистор Q102, который усиливает и обрезает его, улучшая форму импульсов.

Элементы R102, R108 и C105 образуют фильтр, формирующий на базе Q101 сглаженный сигнал. В связи с тем, что оригинальный импульсный сигнал заменен сигналом с частотой модуляции 1600 Гц, емкость конденсатора фильтра C105 необходимо заменить на 4700 мкФ. Еще одна замена, необходимая для того, чтобы упростить вам отладку, касается транзисторов Q101 и Q102, вместо которых следует установить известные вам устройства. Впрочем, схема прекрасно работает и с оригинальными р-п-р и п-р-п транзисторами.

При нормальной работе детектора проникновения принимаемый сигнал удерживает коллекторное напряжение выходного транзистора Q101 на низком уровне. В случае потери сигнала из-за прерывания луча напряжение на коллекторе Q101 становится высоким. Таким образом, обнаружение проникновения индицируется высоким уровнем. Простая модификация этой схемы позволяет сделать активным низкий уровень.

Задача выравнивания передатчика и приемника по одной линии несложна, хотя может потребовать некоторого времени на то, чтобы попасть лучом в середину приемника (Рисунок 2). При разумных расстояниях грубо направить луч на приемник поможет рулетка, натянутая между передатчиком и приемником. Остальное делается методом проб и ошибок. При неточно выставленном направлении на выходе детектора будет высокий уровень напряжения, а после выполнения надлежащей регулировки – низкий. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM555C](#)

Универсальный преобразователь напряжения в последовательность импульсов на микроконтроллере PIC12F683

Ricardo Jiménez y Juan C. Engeles

Electronic Design

Если для преобразования выходного сигнала аналогового датчика в последовательность импульсов использовать обычный стандартный микроконтроллер, его выход будет совместим с цифровыми портами ввода/вывода.

Когда возникает необходимость преобразования значений напряжения аналогового датчика в серию импульсов, универсальным решением может стать простейший микроконтроллер. В схеме на Рисунке 1 использован 8-выводной микроконтроллер PIC12F683, формирующий последовательность импульсов, длина которой пропорцио-

нальна измеряемому входному напряжению. Подобная схема может оказаться полезной, например, для преобразования сигнала датчика в формат, совместимый со стандартным цифровым входом. Рабочему диапазону входных напряжений от 0 до 5.00 В соответствует диапазон длин последовательностей от 0 до 500 импульсов.

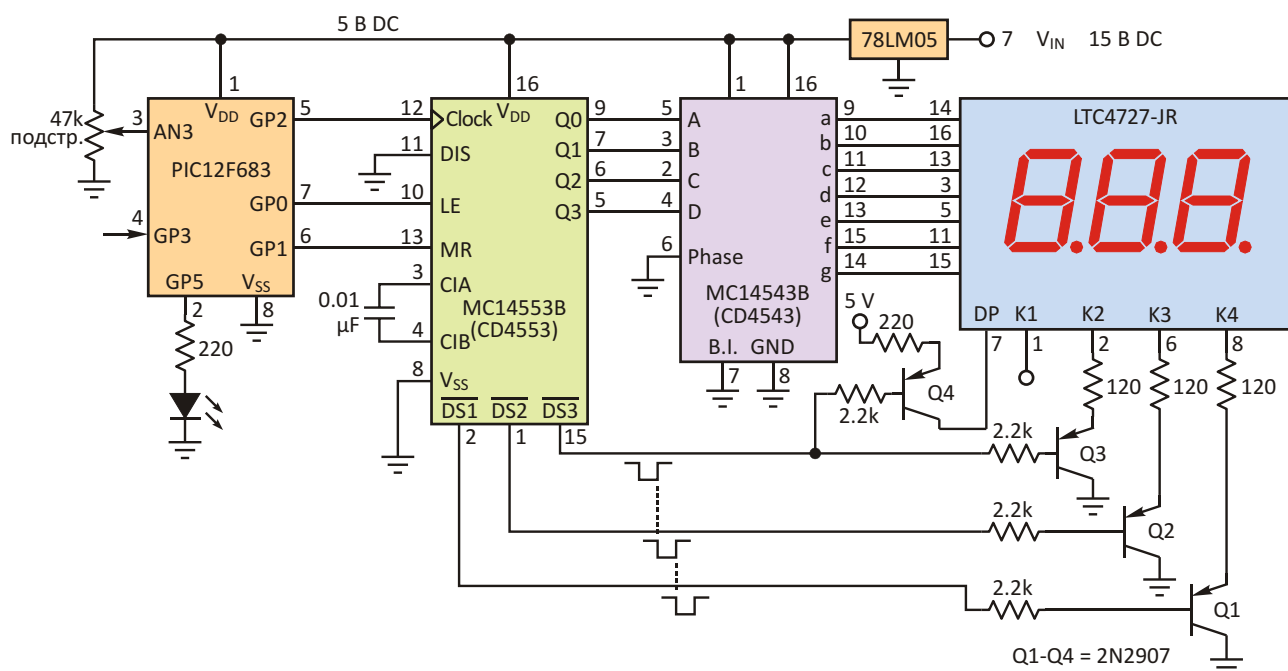


Рисунок 1. Количество импульсов на выходе GP2 микроконтроллера пропорционально напряжению, измеренному на входе AN3. Счетчик запоминает число, соответствующее длине последовательности, которое затем декодируется и отображается на мультиплексируемом светодиодном дисплее с общим катодом.

К примеру, входное постоянное напряжение (V_{IN}) 1.25 В будет преобразовано в последовательность из 125 импульсов, количество которых (Pt) в общем случае вычисляется по формуле

$$Pt = V_{IN} \cdot 100,$$

где V_{IN} – выраженные в вольтах целые, десятые и сотые доли входного напряжения. В данной схеме каждый импульс имеет длительность 1 мс при коэффициенте заполнения 50%. Время обновления (Rt) определяется выражением

$$Rt = V_{IN} \cdot 1 \text{ мс} + \text{задержка } 50 \text{ мс}.$$

Наибольшее время обновления составит 0.499 с (плюс задержка 50 мс) при входном сигнале 4.99 В, в то время как наименьшее время 51 мс соответствует входному напряжению 0.01 В. 50-миллисекундная задержка добавлена ко всем отсчетам специально, чтобы исключить мерцание дисплея.

Входное аналоговое напряжение с движка подстроечного резистора 47 кОм поступает на аналоговый вход микроконтроллера (AN3). Разрядность внутреннего аналого-цифрового преобразователя (АЦП) установлена равной 8.

Для проверки программы микроконтроллера в схему включен трехдекадный счетчик MC14553, подсчитывающий число импульсов в последовательности. Код длины последовательности защелкивается во внутреннем регистре счетчика и мультиплексно, по четыре разряда, выводится на дешифратор

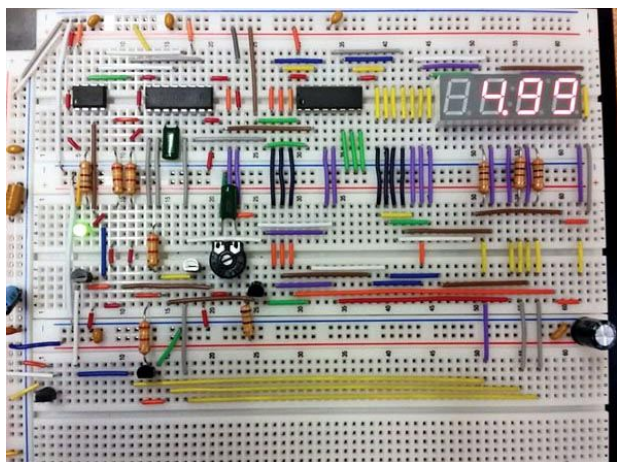


Рисунок 2. Отсутствие критических требований к топологии или высокочастотных цепей позволило собрать и испытать схему на стандартной макетной плате.

MC14543 (CD4543), управляющий мультиплексируемым четырехразрядным светодиодным дисплеем через три ключевых транзистора. Внешний вид схемы, собранной на макетной плате, показан на Рисунке 2.

Для формирования на выводе GP2 последовательности импульсов с длиной, пропорциональной входному напряжению, программа микроконтроллера (см. ссылку на листинг в конце статьи) берет результат преобразования АЦП с весом единицы младшего разряда (LSB) 19.60 мВ и преобразует его в двоично-десятичную форму. Затем, используя инструкции **DIG3**, **DIG2** и **DIG1**, соответственно, программа вычисляет десятичные эквиваленты единиц, десятых и сотых долей полученного числа. Значение **DIG1** запоминается в переменной “units” для использования в цикле формирования числа единиц импульсов. Аналогично, значение **DIG2** умножается на 10 и записывается в переменную “decimals” для генерации десятков импульсов. И в конце значение **DIG3** запоминается в переменной «units», которая умножается на 100 для получения сотен импульсов.

Таким образом, например, измеренные 2.54 В будут состоять из 4, затем 50, и затем 200 импульсов, из которых будет получено всего 254 импульса, следующих с периодом 1 мс. Соответственно, для передачи этой последовательности импульсов потребуется примерно 254 мс. Если одна из цифр равно нулю, программа пропускает соответствующий цикл. На Рисунке 3 показаны осциллограммы последовательности импульсов и соответствующего сигнала, формируемого на выходе GP5.



Рисунок 3. Временная диаграмма сформированной импульсной последовательности. Уровень сигнала, отображаемого желтым цветом, остается высоким на протяжении всего времени трансляции последовательности.



Рисунок 4. Импульсы LE (запись) и MR (сброс), сформированные микроконтроллером по окончании цепочки импульсов, используются для сохранения результатов измерения и очистки счетчика, соответственно.

По завершении передачи последовательности на выходе GP0 формируется отрицательный импульс длительностью 1 мс, переписывающий содержимое счетчиков во внутренние регистры MC14553. Вслед за ним на выходе GP1 появляется второй импульс такой же длины, но положительной полярности, сбрасывающий в ноль все регистры счетчика (Рисунок 4). Для регистров дешифратора MC14543 установлен прозрачный режим. Выход GP5 используется микроконтроллером для индикации процесса передачи импульсной последовательности.

Три р-п-р транзистора 2N2907 (Q1 ... Q3), непрерывно сканирующих светодиодный дисплей, управляются счетчиком MC14553. Транзистор включает десятичную точку, формируя 5-вольтовый импульс только в те моменты времени, когда сигнал на выходе DS1 имеет низкий уровень. На Рисунке 5 показана последовательность из 11 импульсов, соответствующая входному напряжению

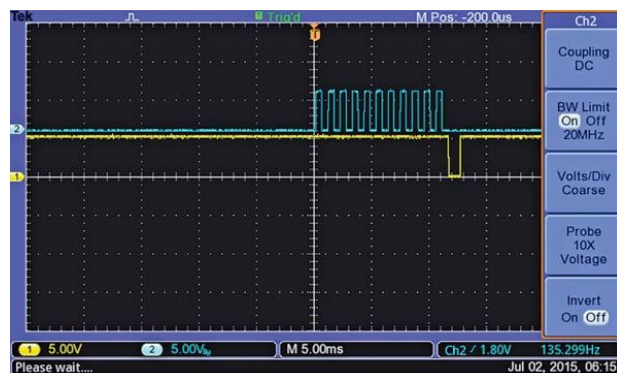


Рисунок 5. При входном напряжении 0.11 В микроконтроллер генерирует 11 импульсов, за которыми следует импульс записи LE, сохраняющий результат измерения.

0.11 В, и импульс записи LE, генерируемый в конце передачи импульсной последовательности.

Для приложений более высокой точности (например, 4.88 мВ на LSB), вы можете выбрать 10-разрядную конфигурацию АЦП. Тогда период выходного сигнала может быть сокращен до 0.5 мс, чтобы избежать увеличенных задержек при максимальных входных напряжениях. В этом случае при входном напряжении 1.000 В длина цепочки составит 1000 импульсов. При батарейном питании схемы рекомендуется использовать цифровой жидкокристаллический дисплей, для которого потребуются три дешифратора MC14543. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Microchip PIC12F683](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor MC14543B](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor MC14553B](#)
4. [Datasheet LITE-ON LTC-4727JR](#)

Загрузки

Листинг программы микроконтроллера





РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

www.rlocman.ru/magazine

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

РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

www.rlocman.ru/forum

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!
Приглашаем профессионалов.

РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

www.rlocman.ru/price

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

РАДИОЛОЦМАН.СОЦ.СЕТИ

Обновления в привычном формате.



vk.com/rlocman



facebook.com/rlocman



odnoklassniki.ru/rlocman



twitter.com/rlocman

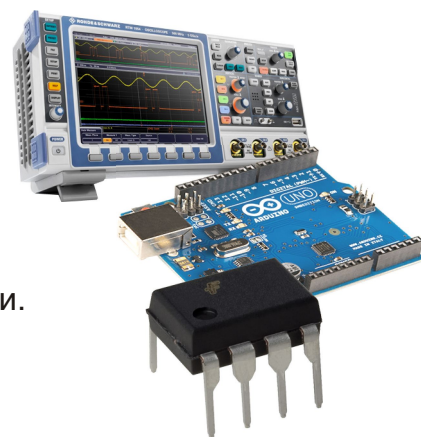


google.com/+RlocmanRuPlus

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru





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!