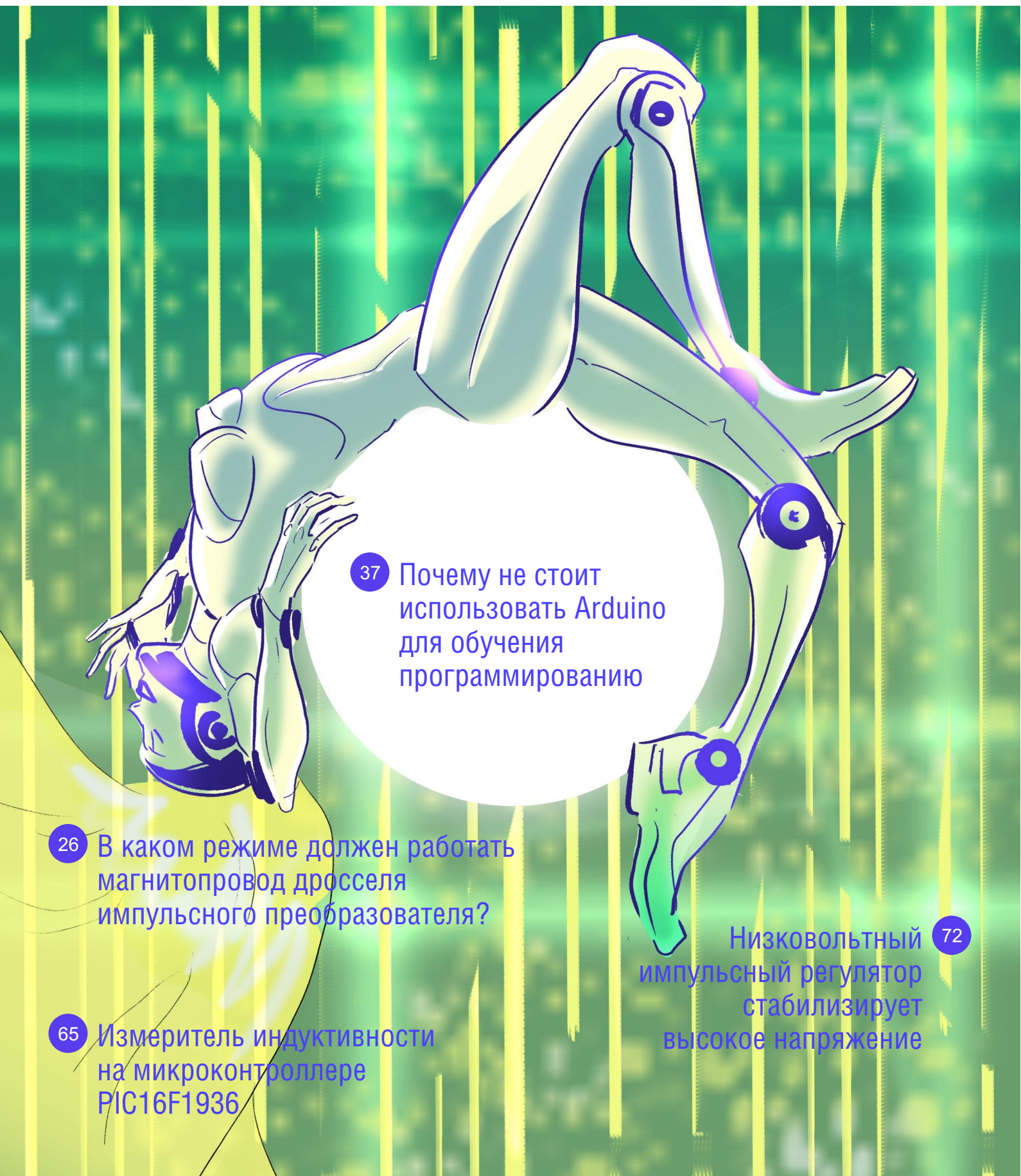




РАДИОЛОЦМАН

МАЙ 2018 (84)



37 Почему не стоит использовать Arduino для обучения программированию

26 В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя?

65 Измеритель индуктивности на микроконтроллере PIC16F1936

Низковольтный импульсный регулятор стабилизирует высокое напряжение

72



РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

www.rlocman.ru/magazine

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

РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

www.rlocman.ru/forum

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!
Приглашаем профессионалов.

РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

www.rlocman.ru/price

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

РАДИОЛОЦМАН.СОЦ.СЕТИ

Обновления в привычном формате.



vk.com/rlocman



facebook.com/rlocman



odnoklassniki.ru/rlocman



twitter.com/rlocman

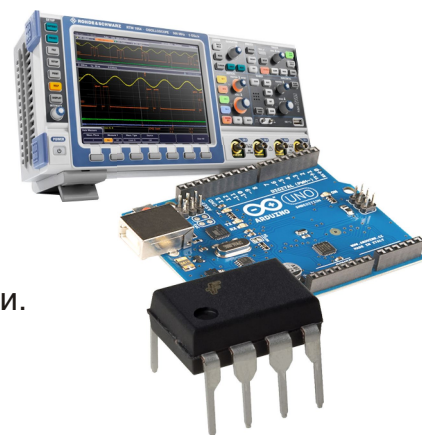


google.com/+RlocmanRuPlus

И еще многое другое на портале:

РАДИОЛОЦМАН. ...

www.rlocman.ru



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером
работали:

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

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (903) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 MaxLinear предлагает оптимизированные микросхемы управления питанием для ПЛИС и СМК
- 5 Fujitsu завершила разработку 64-килобитной микросхемы FRAM, работающей при температуре -55°C
- 6 Teledyne e2v анонсирует самый совершенный и универсальный четырехканальный АЦП
- 7 Новый повышающий преобразователь ROHM увеличивает время работы от батарей в 1.3 раза
- 8 Diodes предлагает новый 10-ваттный стерео усилитель класса D с технологиями SSM и NCPL
- 9 Toshiba выпускает 40-вольтовые автомобильные MOSFET в корпусах размером 5 мм x 6 мм
- 10 Микромодуль понижающего DC/DC преобразователя Texas Instruments отдает в нагрузку ток 6 А
- 11 Новая серия УФ светодиодов Klaran WD преодолевает ценовой барьер \$0.25/мВт
- 12 Elmos приступает к производству контроллера управления бесщеточными двигателями постоянного тока с интегрированным 16-разрядным процессором
- 12 STMicroelectronics разработала первый в отрасли высокоэффективный драйвер низковольтных двигателей
- 13 Революционная микросхема RTC компании EM Microelectronic позволит создавать «зеленые» устройства IoT
- 14 Новая Plug and Play микросхема управления антенной упростит создание фазированных решеток
- 15 Maxim выпускает миниатюрный Plug and Play усилитель класса D с самым высоким КПД в отрасли
- 17 Erson Europe предлагает новый генератор на ПАВ, управляемый напряжением
- 18 Новый быстродействующий PIN-фотодиод компании Vishay предназначен для сверхтонких носимых устройств
- 19 Toshiba выпускает новую микросхему драйвера трехфазных бесщеточных двигателей
- 19 Analog Devices представила новый 16-разрядный ЦАП с динамическим управлением мощностью
- 20 Новые интеллектуальные силовые модули Infineon повысят КПД маломощных драйверов двигателей
- 21 Arduino анонсировала новые платы семейства MKR для приложений Интернета вещей
- 23 Redpine Signals запускает в производство самые малопотребляющие в отрасли беспроводные микропроцессоры для Интернета вещей
- 24 STMicroelectronics выпустила инновационный LDO стабилизатор в сверхминиатюрном корпусе

Статьи

- 26 В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя? Часть 1
- 31 Измерение мощности и энергопотребления с помощью цифровых мониторов
- 35 Синхронное выпрямление на вторичной стороне
- 37 Почему не стоит использовать Arduino для обучения программированию
- 42 МАСТЕР-ЛОМАСТЕР. Разбираем светодиодную лампу A19
- 48 Резонансный преобразователь Чука уменьшает индуктивности
- 50 Высокоточный плавающий источник тока

Схемы

- 52 Генератор импульсов с независимой регулировкой частоты и скважности
- 54 Генератор с независимой регулировкой ширины и частоты биполярных импульсов
- 56 Двупольный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой. Часть 2
- 62 Малошумящие усилители для фотодиодов большой и малой площади
- 65 Измеритель индуктивности на микроконтроллере PIC16F1936
- 70 Точный биполярный источник опорного напряжения
- 72 Низковольтный импульсный регулятор стабилизирует высокое напряжение
- 74 Пределитель частоты 10 ГГц для 100-мегагерцового частотомера
- 76 Удвоитель напряжения, использующий характерные особенности двухтактного DC/DC преобразователя

MaxLinear предлагает оптимизированные микросхемы управления питанием для ПЛИС и СнК

- Универсальная микросхема управления питанием, ориентированная на широкий диапазон маломощных ПЛИС, сигнальных процессоров и микропроцессоров
- Механизм управления последовательностью подачи напряжений подходит практически для любых типов процессоров
- Интегрированный 8-разрядный АЦП с двумя внешними входами и схема контроля температуры кристалла обеспечивают полный набор телеметрической информации и гибкость управления

MaxLinear разработала универсальную микросхему управления питанием маломощных ПЛИС, сигнальных процессоров и микропроцессоров. Микросхема будет идеальным средством поддержки источников питания ПЛИС и СнК, используемых во встраиваемых вычислительных системах, клиентах IoT, промышленных системах управления, POS-терминалах и тестовом оборудовании.



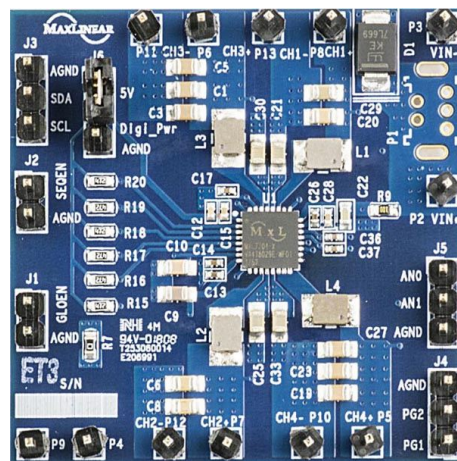
MxL7704 содержит четыре понижающих преобразователя, обеспечивающих питание системы, памяти, схем ввода-вывода и ядра токами от 1.5 А до 4 А. Для питания аналоговых подсистем имеется также 100-миллиамперный LDO стабилизатор с чистым выходным напряжением, устанавливаемым в диапазоне от 1.5 В до 3.6 В. В микросхеме используется машина состояний, достаточно гибкая для того, чтобы настроить ее в соответствии с требованиями практически любого процессора. На данный момент MxL7704-X и MxL7704-A являются первыми двумя приборами из будущего семейства микросхем со стандартными конфигурациями, основанного на общем универсальном кристалле управления питанием.

Микросхема MxL7704-X оптимизирована для питания мультипроцессорных систем на кристалле (MPSoC) Zynq Ultrascale+ ZU2 и ZU3, выпускаемых компанией Xilinx. Повы-

шающие преобразователи заранее запрограммированы на напряжения шин питания ядра (0.85 В с током до 4 А), памяти LPDDR3 (1.35 В), схем ввода/вывода и системы (1.8 В и 3.3 В). Адаптированная к уникальным требованиям MPSoC семейств ZU2 и ZU3 последовательность включения напряжений позволяет быстрее выводить на рынок изделия с устройствами Xilinx Zynq Ultrascale+ ZU2 и ZU3.

Микросхема MxL7704-A предназначена для питания широкого диапазона процессоров на основе ядер ARM Cortex (A7, A9 и A53), использующих более традиционные схемы управления порядком подачи напряжений, в которых первыми включаются шины поддержки схем ввода/вывода и в последнюю очередь питание ядра. Повышающие преобразователи обеспечивают напряжение 1.2 В для питания ядра, 1.35 В для питания оперативной памяти LPDDR3, 1.8 В и 3.3 В для шин питания системы и схем ввода/вывода.

Микросхема работает на высоких частотах переключения от 1 МГц до 2.1 МГц, используя режим управления по току с внутренней коррекцией. Этим гарантируется очень быстрая реакция на переходные про-



Оценочная плата MxL7704EVB.

цессы на входе и в нагрузке при сохранении устойчивости во всех режимах и без увеличения площади печатной платы. Интерфейс I²C позволяет динамически управлять всеми выходными напряжениями и последовательностью их включения, контролировать статусы каждого канала, входных напряжений и сигнала «Питание в норме». В микросхемы интегрированы 8-разрядный АЦП с двумя внешними входами и схема контроля температуры кристалла. Приборы работают при входных напряжениях от 4 В до 5.5 В и содер-

жат цепи защиты от повышенного и пониженного напряжения, перегрева и перегрузки по току.

Доступность

MxL7704-X и MxL7704-A уже выпускаются серийно в «зеленых» 32-контактных корпусах QFN с размерами 5 мм × 5 мм, не содержащих галогенов и отвечающих предписаниям директивы RoHS. На сайте компании можно заказать также оценочные платы и единичные образцы микросхем.

Fujitsu завершила разработку 64-килобитной микросхемы FRAM, работающей при температуре –55 °C

Оптимальны для использования в промышленном оборудовании, требующем высокой надежности при экстремально низких температурах окружающей среды

Fujitsu Semiconductor объявила о разработке 64-килобитной микросхемы сегнетозлектрического ОЗУ (FRAM) MB85RS64TU. Это первая микросхема в семействе энергонезависимых FRAM фирмы Fujitsu, способная работать при температуре –55 °C – более низкой, чем у всех конкурирующих микросхем памяти. Микросхема уже может поставляться потребителям в промышленных объемах.



Благодаря ресурсу 10 трлн циклов чтения/записи, гарантированному в полном температурном диапазоне, устройство оптимально для использования в нефте- и газодобывающем оборудовании, эксплуатируемом в условиях чрезвычайно холодного климата. MB85RS64TU может использоваться в промышленных приложениях общего назначения, таких как измерительное оборудование, расходомеры и счетчики.

Примерно в течение 20 лет Fujitsu Semiconductor серийно выпускает энергонезависимые FRAM с высоким быстродействи-

ем, большим ресурсом чтения/записи и низкой мощностью потребления. В частности, гарантированное число циклов чтения/записи FRAM составляет 10 трлн, что в 10 млн раз больше, чем у энергонезависимых EEPROM конкурентов. Именно поэтому FRAM, производимые Fujitsu, нашли широкое применение в промышленных приложениях, требующих частой перезаписи информации, таких как регистраторы данных реального времени и трехмерного позиционирования.

MB85RS64TU работает в широком диапазоне напряжений питания от 1.8 В до 3.6 В при максимальной тактовой частоте интерфейса SPI, равной 10 МГц, в диапазоне температур окружающей среды от –55 °C до 85 °C.

Микросхемы FRAM выпускаются в стандартных 8-выводных корпусах SOP (SOIC), что позволяет использовать их для прямой замены EEPROM в аналогичных корпусах. Кроме того, доступны версии приборов в миниатюрных 8-контактных безвыводных корпусах SON (QFN) размером 2.00 мм × 3.00 мм × 0.75 мм. Монтажная поверхность корпуса SON составляет всего 30% от монтажной поверхности корпуса SOP, а монтажный объем – 13%.

Основные характеристики

- Объем (конфигурация): 64 Кбит (8К × 8 бит);
- Интерфейс: SPI;
- Максимальная рабочая частота: 10 МГц;

- Диапазон рабочих напряжений: от 1.8 В до 3.6 В;
- Диапазон рабочих температур: от -55°C до $+85^{\circ}\text{C}$;

- Количество циклов чтения/записи: 10 трлн (10^{13});
- Корпуса: 8-выводной SOP, 8-выводной SON.

Teledyne e2v анонсирует самый совершенный и универсальный четырехканальный АЦП

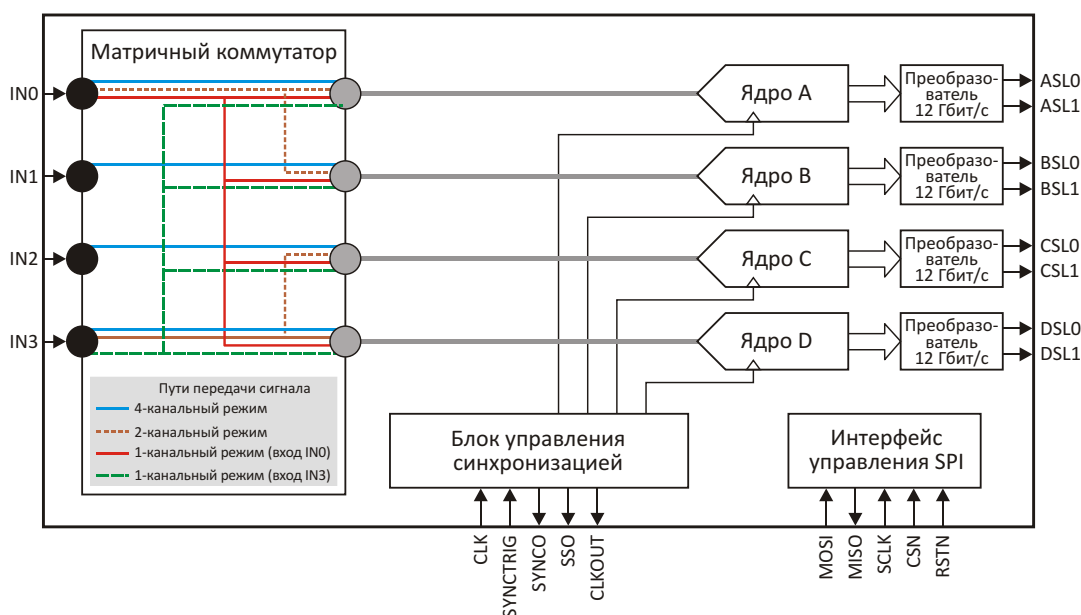
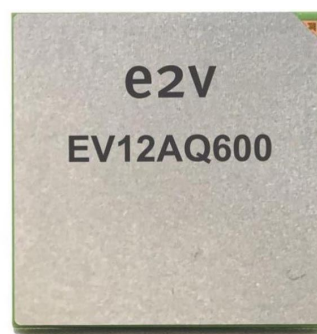
Teledyne e2v выпустила свой самый совершенный четырехъядерный 12-битный аналого-цифровой преобразователь EV12AQ600 с поддержкой многоканальных режимов в корпусе размером 16 мм × 16 мм

Компания Teledyne e2v разработала свой самый совершенный на сегодняшний день АЦП – EV12AQ600. Новый прибор, способный работать как одно-, двух- или четырехканальное устройство, выпускается в обычной и радиационно-стойкой версиях, что делает его первым четырехканальным АЦП, пригодным для использования в космических приложениях.

Потребители могут проектировать системы, в которых ядра EV12AQ600 работают либо независимо, либо синхронно, в четырехканальном режиме со скоростью 1.5 Гвыб/с, двухканальном со скоростью 3 Гвыб/с или в одноканальном режиме со скоростью 6 Гвыб/с. Это делает EV12AQ600 высокоэффективным и настраиваемым прибором для оборудования сверхширокополосных СВЧ транспортных

сетей, систем сбора данных и контрольно-измерительных приложений.

EV12AQ600 – первый 12-битный АЦП с матричным коммутатором, который позволяет четырем ядрам устройства работать независимо или попарно, чтобы распределять максимальную производительность 6 Гвыб/с между необходимым пользователю количес-



Четырехканальный 12-битный АЦП с последовательной линией передачи данных 12 Гбит/с.

твом каналов. Такая гибкость дает разработчикам возможность создавать и отлаживать на земле самые современные системы с четырехканальными АЦП, а затем использовать их радиационно-стойкие версии в космосе.

Помимо матричного коммутатора, обеспечивающего функции многоканальности, в EV12AQ600 используется цепочечная синхронизация, проверенная и отработанная в последних моделях преобразователей данных компании Teledyne e2v. Эта функция отвечает тенденции роста количества каналов в

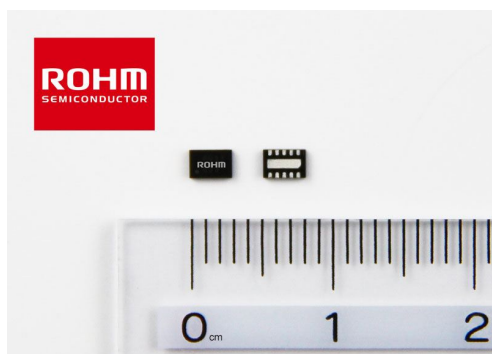
больших фазированных решетках и многоканальных по входу и выходу (MIMO) телекоммуникационных системах.

EV12AQ600 был разработан в рамках проекта INTERSTELLAR, возглавляемого Teledyne e2v и поддерживаемого компаниями Thales Alenia Space и Airbus Defence and Space, а также институтом Фраунгофера. Проект помогает преодолеть разрыв между аналоговым радиочастотным и цифровым миром, позволяя развивать самые передовые технологии преобразования данных.

Новый повышающий преобразователь ROHM увеличивает время работы от батарей в 1.3 раза

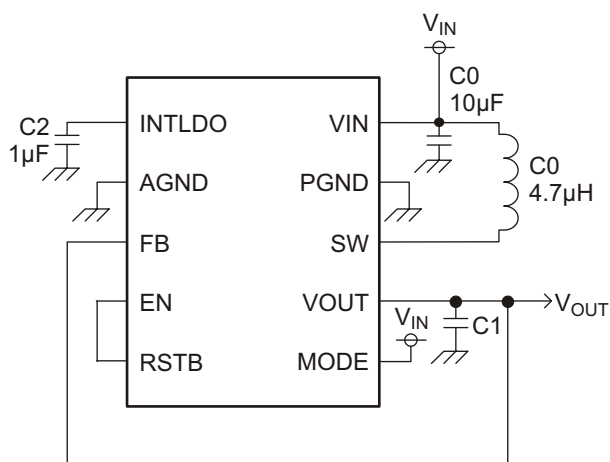
Самый низкий в отрасли ток потребления увеличит срок службы батарей в приложениях дистанционного управления

Компания ROHM объявила о создании повышающего DC/DC преобразователя с интегрированным MOSFET и самым низким в отрасли собственным потреблением тока, который идеально подходит для устройств с питанием от сухих батарей, таких как электронные словари, пульты дистанционного управления для бытовой техники и электронные гаджеты (в том числе, игрушки и аксессуары).



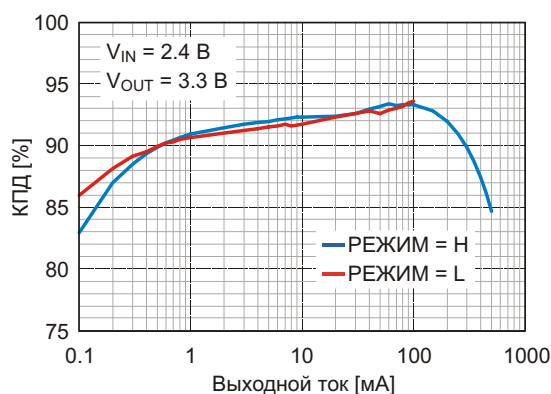
В последние годы резко возросло число портативных устройств, использующих аккумуляторы, чаще всего литий-ионные, в числе которых смартфоны и другие носимые устройства. Между тем растет потребление и обычных сухих батарей, связанное с многообразием использующих их приборов и стремительным расширением зарубежных рынков сбыта электронных словарей, пультов дистанционного управления для бытовой техники и электронных гаджетов, что увеличивает спрос на микросхемы управления

питанием, способные обеспечить большую энергоэффективность.



Типовая схема включения BU33UV7NUX.

В ответ на эти запросы ROHM, опираясь на свой многолетний опыт создания аналоговых и силовых приборов, разработала микросхемы управления питанием, полностью удовлетворяющие требованиям рынка. В числе этих микросхем и новейший преобразователь BU33UV7NUX с выходным напряжением 3.3 В, оптимизированный для устройств, работающих от сухих батарей с входными напряжениями от 1 В до 3 В. Поставив перед собой цель дальнейшего увеличения времени работы устройств с батарейным питанием за счет уменьшения рабочего тока, ROHM добилась его снижения до 7 мкА – наименьшего значе-

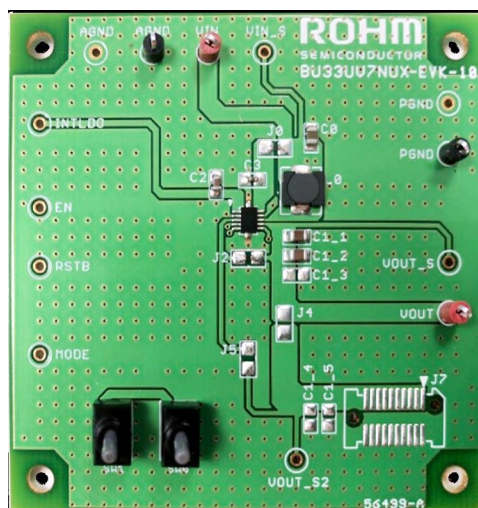


Типовая зависимость КПД от тока нагрузки.

ния в отрасли среди функционально эквивалентных продуктов. Согласно результатам собственных исследований ROHM, в устройствах дистанционного управления с током нагрузки 50 мкА и наличием режима ожидания, питающихся от двух щелочных батарей, новые приборы позволят продлить время работы на 175 дней – с 540 дней до 715. Кроме того, встроенная функция переключения режимов работы в зависимости от тока нагрузки позволяет существующим пультам дистанционного управления поддерживать новейшие системы с ЖК-панелями, обеспечивая большую экономию энергии для широкого круга приложений.

Микросхемы BU33UV7NUX продаются по цене \$0.49 за штуку при заказе партии из 1000 приборов. Для ознакомления с возможностями преобразователей также можно приобрести оценочную плату BU33UV7NUX-EVK-101 стоимостью \$51.25.

Автоматическое переключение из режима ЧИМ, поддерживающего стандартные устройства с максимальным током нагрузки 50 мА и током потребления 7 мкА, в режим поддержки более сложных приложений с током нагрузки до 500 мА, потребляемым током 13 мкА и ЧИМ/ШИМ управлением позволяет достичь высокого КПД 94% в широком диапазоне условий эксплуатации.



Оценочная плата BU33UV7NUX-EVK-101.

Основные приложения

- Электронные словари
- Пульты дистанционного управления
- Электронные гаджеты (в том числе, игрушки и аксессуары)
- Носимые устройства
- Электрические зубные щетки

...и другие приборы, питающиеся от одной или двух сухих батарей (от 1 В до 3 В) или таблеточных литий-ионных элементов.

Основные характеристики BU33UV7NUX

- Диапазон входных напряжений: от 0.6 В до 4.5 В;
- Выходное напряжение: 3.3 В;
- Потребляемый ток:
 - 7 мкА (режим L),
 - 13 мкА (режим H);
- Максимальный ток нагрузки:
 - 50 мА (режим L),
 - 500 мА (режим H);
- Частота переключения: 800 кГц;
- Диапазон рабочих температур: от -50 °C до +85 °C.

Diodes предлагает новый 10-ваттный стерео усилитель класса D с технологиями SSM и NCPL

Компания Diodes выпустила новый 10-ваттный стерео усилитель класса D с низкими уровнями искажений, шумов и излучаемых помех и большим коэффициентом под-

вления пульсаций питания. В микросхеме PA8106 использованы технологии модуляции шумоподобным сигналом (spread-spectrum modulation – SSM) и неискажающе-



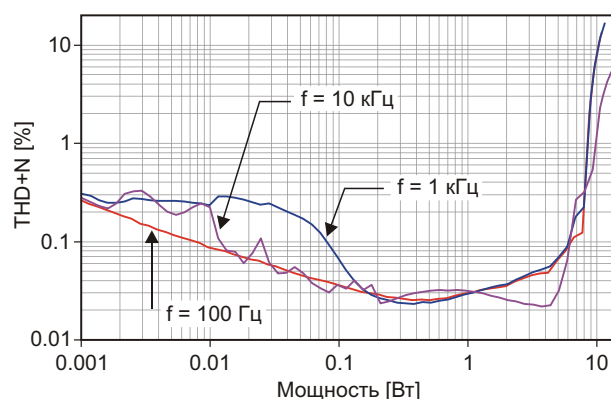
го ограничения мощности (non-clipping power limit – NCPL), которые позволяют улучшить характеристики широкого круга устройств с батарейным или сетевым питанием, включая ЖК телевизоры, беспроводные динамики, портативные стерео приемники и игровые автоматы.

PAM8106 работает от источника питания 4.5 ... 15 В на динамики с сопротивлениями 8 Ом или 4 Ом, наиболее распространенные в портативных акустических устройствах. Высокий КПД, достигающий 92%, сводит к минимуму выделение тепла, исключая необходимость в теплоотводе, что дает возможность сократить стоимость, вес и объем конечного приложения. Благодаря низкому току потребления, составляющему всего 15 мА, PAM8106 хорошо подходит для портативных динамиков с питанием от Li+ или щелочных батарей, позволяя дольше прослушивать аудио при более высоком качестве звука.

За счет улучшенного подавления электромагнитных помех, достигнутого благодаря интеграции технологии SSM, аудио устройства, основанные на PAM8106, способны

работать без дорогих выходных фильтров, которые можно заменить дешевыми ферритовыми бусинами, обеспечив дальнейшее снижение стоимости при полном соблюдении требований электромагнитной совместимости.

Технология NCPL гарантирует отсутствие искажений при высоких уровнях входных сигналов, автоматически подстраивая усиление, чтобы не допускать ограничения выходного сигнала. Дополнительный вклад в защиту динамиков вносит низкий суммарный уровень гармонических искажений и шума (THD+N). Кроме того, безопасность работы устройства поддерживается цепями защиты от коротких замыканий выхода и перегрева кристалла, блокировкой при пониженном напряжении питания и защитой от повышенного напряжения питания.



Зависимость THD+N от выходной мощности при напряжении питания 12 В.

Микросхемы PAM8106 выпускаются в 32-контактных корпусах QFN размером 5 мм × 5 мм, и в партиях из 1000 приборов продаются по цене \$0.50 за штуку.

Toshiba выпускает 40-вольтовые автомобильные MOSFET в корпусах размером 5 мм х 6 мм

Сопротивление открытого канала снижено благодаря использованию нового миниатюрного низкоомного корпуса

Toshiba Electronics Europe расширила свою серию 40-вольтовых N-канальных автомобильных MOSFET, выпустив два новых прибора в низкоомном корпусе SOP Advance (WF) с размерами 5 мм × 6 мм. Транзисторы TPNR7904PB и TPN1R104PB, сертифицированные на соответствие требованиям стан-

дарта AEC-Q101, найдут применение в различных автомобильных приложениях, включая электроусилители руля, коммутаторы нагрузки, электронасосы, вентиляторы и многое другое.

Новые MOSFET с щелевой изоляцией, изготавливаемые с использованием техноло-



гического процесса девятого поколения U-MOS IX-H, при управляющем напряжении затвора 10 В имеют максимальное сопротивление открытого канала всего 0.79 мОм, позволяя заметно снизить потери проводимости. Устройства с максимальным допустимым напряжением сток-исток, равным 40 В, могут пропускать постоянный ток до 150 А. Технология U-MOS IX-H также уменьшает шумы переключения, помогая снизить уровень излучаемых электромагнитных помех.

Микромодуль понижающего DC/DC преобразователя Texas Instruments отдает в нагрузку ток 6 А

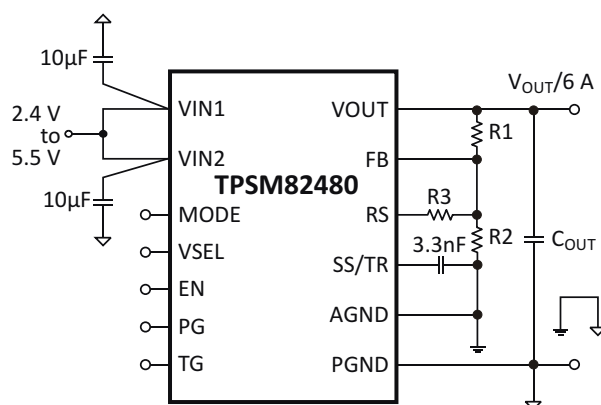
Высокоинтегрированный синхронный модуль питания обеспечивает КПД до 95% в оборудовании со строгими ограничениями по объему и высоте

Texas Instruments сообщила о завершении разработки модуля мощного понижающего преобразователя с максимальным входным напряжением 5.5 В, способного отдавать в нагрузку непрерывный ток до 6 А при КПД, достигающем 95%. Простой в использовании модуль DC/DC преобразователя TPSM82480, содержащий мощные MOSFET и экранированные индуктивности, заключенные в крошечный низкопрофильный корпус, найдет применение в локализованных к нагрузке источниках питания телекоммуникационного, сетевого и контрольно-измерительного оборудования.



Высокоинтегрированный модуль TPSM82480 без дополнительного обдува обеспечивает выходной ток 6 А в полном диапазоне рабочих температур. Это достигается благодаря двухфазной топологии управляющей схемы, разделяющей нагрузку между фазами для поддержания высокоэффективной и сбалансированной работы модуля.

Дополнительные функции прибора включают настраиваемые параметры мягкого старта, вход выбора (VSEL) для динамической смены напряжения и выход сигнала «Питание в норме».



Типовая схема включения TPSM82480.

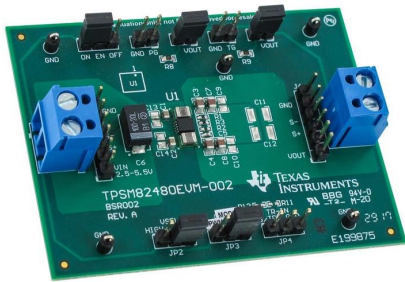
Основные особенности и преимущества TPSM82480

- **Сверхмалые размеры:**

Для создания законченного решения площадью 80 мм² и высотой всего 1.5 мм требуются два конденсатора на входе и выходе и два резистора.

- **Высокий КПД:**

Дополнительная функция автоматического перехода в энергосберегающий режим позволяет поддерживать высокий КПД во всем диапазоне нагрузок.



Оценочный модуль TPSM82480EVM-002.

• Тепловая защита:

Статусный выход «Температура в норме» заранее предупреждает систему о необходимости снижения мощности.

Доступность, корпус, цена

В настоящее время со склада TI можно заказать опытные образцы модулей TPSM82480. Приборы поставляются в квадратных плоских 24-выводных микрокорпусах (QFM) MicroSIP. В партиях из 1000 штук один модуль стоит \$3.57. Можно заказать также оценочный модуль TPSM82480EVM-002 и загрузить динамические модели для симулятора PSpice. Создать с нуля законченный 6-амперный понижающий DC/DC преобразователь с входным напряжением 5.5 В поможет бесплатный онлайн программный комплекс WEBENCH Power Designer.

Новая серия УФ светодиодов Klaran WD преодолевает ценовой барьер \$0.25/мВт

Компания Crystal IS объявила о пополнении семейства приборов, выпускаемых на технологической платформе Klaran, новой серией ультрафиолетовых (УФ) светодиодов, получившей название WD.



Приборы серии Klaran WD, разработанные в соответствии с ценовыми и техническими требованиями, предъявляемыми к приборам для портативных устройств обеззараживания воды, впервые продемонстрировали способность преодолеть ценовой барьер \$0.25/мВт, необходимый для массового производства устройств очистки воды на основе УФ светодиодов. Первоначально компания предлагает варианты мощностью 30 мВт и 40 мВт, планируя представить более мощные продукты в ближайшие месяцы.

Светодиоды серии Klaran WD OEM позволят OEM производителям решить проблему удовлетворения стремительно растущего спроса на приборы очистки питьевой воды,

стимулируемого индустриализацией, ростом численности городского населения и загрязнением водоемов. Примером этого является Азиатско-Тихоокеанский регион, в частности, такие страны как Китай и Индия. В 2015 году китайский рынок средств очистки воды составил \$4.61 млрд и, как ожидается, при совокупном среднегодовом темпе роста 19.45% к 2020 году достигнет \$11.21 млрд.

Преимущество технологической платформы Klaran

Светодиоды Klaran WD изготавливаются на уникальной подложке из нитрида алюминия со сверхбольшой шириной запрещенной зоны, выпускаемой компанией Crystal IS. Эта подложка позволяет преодолеть проблемы, присущие традиционным устройствам на основе сапфира, и излучать всю бактерицидную энергию с верхней поверхности кристалла, что дает возможность использовать недорогие и простые по конструкции корпуса. Полученные УФ светодиоды, отдающие высокую выходную мощность на пиковых значениях «бактерицидных» длин волн (260-275 нм), способны работать при больших токах, обеспечивая более эффективную дезинфекцию.

Доступность

Светодиоды Klaran WD поставляются заказчикам немедленно по получении запроса.

Elmos приступает к производству контроллера управления бесщеточными двигателями постоянного тока с интегрированным 16-разрядным процессором

Трехканальный драйвер полумостов, ориентированный на векторное управление двигателями

Разработанная Elmos новая система на кристалле (СнК) E523.06 предназначена для управления бесщеточными двигателями постоянного тока в 12-вольтовых электрических системах транспортных средств. СнК содержит драйверы затворов для трех мощных полумостов и высокопроизводительное 16-разрядное процессорное ядро. Архитектура процессора и периферия драйвера двигателя оптимизированы для векторного управления с единственным измерительным шунтом.



Угловое положение вала и времена коммутации микросхема рассчитывает без использования дополнительных датчиков Холла. Единственным измерительным элементом служит внешняя обмотка двигателя, используемая в качестве токового шунта. Устройство содержит цепи защиты от перегрузки по току (с плавной регулировкой порога), перегрева, повышенных и пониженных напряжений и коротких замыканий. Уровни порогов срабатывания защиты программируются для каждого полевого транзистора.

Кроме того, поддержка программирования микросхемы через интерфейсы JTAG или LIN снижает затраты на разработку целевого приложения. Обновление прошивки может выполняться прямо в автомобиле без использования загрузчика.

Возможные области применения микросхемы включают вентиляторы систем охлаждения двигателя и кондиционеров, а также насосы (топливные, масляные, водяные и прочие).

Высокий уровень характеристик системы обеспечивается 16-разрядным процессором, поддерживаемым сопроцессором, управляющим АЦП и генерацией ШИМ. Управление замкнутым контуром регулирования выполняется этим аппаратным ускорителем настолько быстро, что все расчеты для полной модели двигателя могут выполняться за один цикл ШИМ. Считывание значений тока производится интегрированным быстродействующим токоизмерительным усилителем. Совокупность используемых решений оптимизирует характеристики системы, ее надежность, потребление мощности и время разработки.

Информационный обмен в автомобильной сети может быть реализован либо с помощью интегрированного приемопередатчика LIN, либо с помощью интерфейса ШИМ.

Микросхема с верхней границей диапазона рабочих температур, равной 150 °С, отвечает требованиям нулевого уровня стандарта AEC Q100.

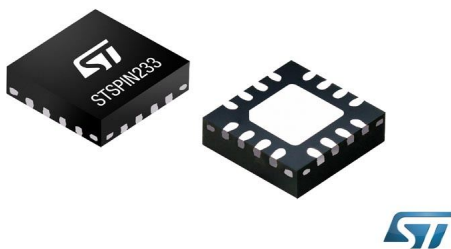
STMicroelectronics разработала первый в отрасли высокоэффективный драйвер низковольтных двигателей

STMicroelectronics (ST) разработала первый в отрасли драйвер низковольтных двигателей STSPIN233, способный управлять бесщеточными двигателями как с одним, так и с тремя токоизмерительными шунтами. В тонком и компактном корпусе размером 3 мм ×

3 мм интегрированы силовые каскады с выходным сопротивлением 200 мОм и максимальным током 1.3 А с.к.з.

Ток, потребляемый STSPIN233 в режиме останова, составляет менее 80 нА, что является лучшим показателем в отрасли для при-

Low-voltage BLDC motor driver
boosts battery runtime in IoT/portables

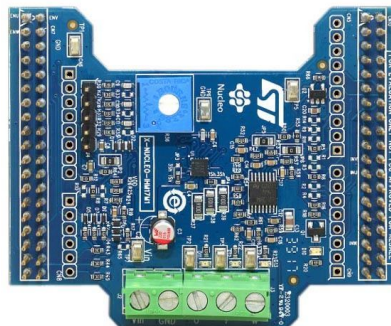


боров подобного класса. Более того, возможность перевода драйвера в дежурный режим с помощью внешнего сигнала логического уровня делает его идеальным прибором для продления времени автономного питания такого оборудования, как подвесные камеры дронов, учебные роботы, зубные щетки, бритвы, медицинские шприцевые насосы и небольшие приводы в устройствах Интернета вещей.

Обеспечить питание STSPIN233 очень просто. Диапазон входных от 1.8 В до 10 В позволяет использовать в качестве основного источника питания даже одноэлементные Li-ion аккумуляторы. Еще больше упрощают разработку встроенные средства обеспечения безопасности, включающие защиту от перегрузки по току и коротких замыканий, защиту от перегрева кристалла, а также цепи блокировки при пониженном входном напряжении.

Для ускорения конструирования и прототипирования устройств с микросхемами STSPIN233 предлагается экосистема разработки, включающая плату расширения для Nucleo (X-NUCLEO-IHM17M1) с соответству-

ющими программными инструментами (X-CUBE-SPN17 для STM32Cube) и примерами кодов прикладных программ.



Плата расширения X-NUCLEO-IHM17M1.

С появлением STSPIN233 ST может теперь предложить полное семейство миниатюрных монолитных низковольтных драйверов для шаговых, щеточных и бесщеточных двигателей, используемых в компактных устройствах с батарейным питанием. Входящие в это семейство микросхемы STSPIN220, STSPIN230, STSPIN233, STSPIN240 и STSPIN250, каждая из которых поддерживается собственной оценочной платой Nucleo и программным пакетом X-CUBE, предоставляют возможность гибкого выбора одноканальных, двухканальных или сильноточных (2.6 А) драйверов щеточных двигателей, а также сенсорного и бессенсорного вариантов управления бесщеточными двигателями.

STSPIN233 уже выпускаются серийно в компактных корпусах QFN размером 3 мм × 3 мм и в партиях из 1000 приборов продаются по цене \$0.95 за штуку.

Революционная микросхема RTC компании EM Microelectronic позволит создавать «зеленые» устройства IoT

EM Microelectronic сообщила о выпуске модуля часов реального времени (RTC) EM3028 со сверхмалым потреблением мощности, устанавливающего новые отраслевые стандарты точности и энергопотребления.

Увеличивая срок службы батарей на 50% по сравнению с аналогичными конкурирующими устройствами, EM3028 прокладывает путь к созданию зеленых приложений Интернета вещей. Микросхема продлевает жизненный цикл изделий и сокращает общую стоимость компонентов.

Обеспечиваемые микросхемой RTC точные времена ухода в сон и пробуждения энергопотребляющих элементов позволяют элегантно решить задачу увеличения степени автономности подключенных устройств и упростить взаимодействие с пользователем. Неприятная необходимость часто заряжать или заменять батареи носимых устройств уйдет в прошлое при использовании EM3028 в качестве идеального дополнения к сборщикам энергии. Это уникальное сочетание приборов для некоторых приложений, требу-



ющих работы без замены или зарядки батарей на протяжении полного срока службы устройства.

Высокие уровни точности и долговременной стабильности новых RTC гарантируют постоянство характеристик в течение всего жизненного цикла этих устройств без какой-либо производственной калибровки. При потреблении энергии, эквивалентной падению четырех капель воды в день, микросхема гарантирует точность 1 ppm с годовым уходом не более 30 с, что вдвое лучше, чем у самых совершенных RTC, предлагаемых сегодня на рынке.

В устройстве имеется интегрированный ключ коммутации резервного питания, а экстремально низкая потребляемая мощность позволяет при минимальной стоимости внешних компонентов пробуждать спящее устройство даже спустя годы после того, как оно было выключено для экономии энергии.

Помимо этого, EM3028 содержит 32-разрядный таймер UNIX, работающий при напряжении от 1.2 В, а также Plug and Play энергонезависимую память с конфигурационной таблицей, заполненной на этапе производства калибровочными параметрами, которая дает гарантию, что никакие настройки, включая пользовательские, не будут потеряны ни при каких условиях, даже при аварии питания. Сверхмалые размеры микросхемы делают ее идеальным устройством для интеграции в миниатюрные носимые приложения.

EM3028 доступна в двух вариантах: автономной микросхемы или в составе специализированных модулей для конкретных приложений, содержащих другие компоненты EM, включая контроллеры сбора энергии, BLE чип EM9304 и множество различных датчиков.

Новая Plug and Play микросхема управления антенной упростит создание фазированных решеток

Analog Devices закончила разработку высокоинтегрированной микросхемы активного формирователя диаграммы направленности антенны, которая позволит разработчикам радиолокаторов и коммуникационных систем с фазированными решетками быстро заменить громоздкие антенные платформы с механическим управлением компактными

твердотельными решениями. ADAR1000 упрощает конструкцию и существенно снижает размеры, вес и потребляемую мощность радарных систем с фазированными решетками, используемых в системах защиты, наблюдения, связи, управления воздушным движением и мониторинга погоды. Благодаря ADAR1000, разработчики авионики смогут использовать плоские панели антенных решеток, чтобы, уменьшив профили традиционных радарных систем, сделать их более компактными и легкими. Новая Plug and Play микросхема позволит конструкторам с минимальным опытом проектирования радиочастотных устройств, или даже при полном отсутствии такого опыта, повысить характеристики и продлить период эксплуатации радарных систем.

4-канальная микросхема активного формирователя диаграммы направленности антенны заменяет 12 дискретных компонентов, необходимых для перестройки фаз излучателей и цифрового управления. Микросхе-



ма поддерживает временное дуплексирование (TDD) в X- и Ku-диапазонах. В нее интегрирован переключатель прием/передача, который может использоваться для выбора работы общего порта в режиме входа для передачи (Tx) или выхода для приема (Rx). Уровни усиления и значения фазовых сдвигов программируются независимо в каждой из четырех пар каналов Tx и Rx. С минимальным количеством дополнительных схем ADAR1000 можно сконфигурировать для прямого управления всеми характеристиками излучения внешнего приемопередающего модуля. Для быстрого доступа к состояниям фазовых сдвигов и режимов модуля все установленные параметры могут быть загружены во встроенную память. ADAR1000 является масштабируемым конструктивным блоком для быстрой и не требующей участия сторонних разработчиков реализации активных фазированных антенных решеток, предназначенных для радарных и коммуникационных систем следующего поколения.

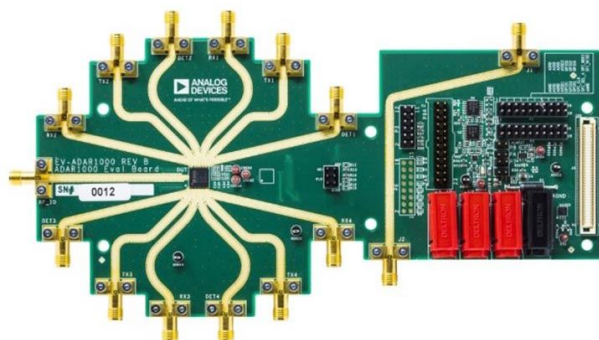
Основные характеристики микросхемы активного формирователя диаграммы направленности антенны ADAR1000

- Диапазон частот от 8 ГГц до 16 ГГц;
- Полудуплексное TDD для Tx и Rx;
- Один вывод для переключения прием/передача;
- Универсальное управление режимами работы внешнего приемопередающего модуля;

- Управление фазой в диапазоне 360° с разрешением лучше 2.8°;
- Глубина регулировки усиления свыше 31 дБ при разрешении 0.5 дБ;
- Интегрированная память для хранения предустановленных положений луча;
- Дополнительный 8-разрядный АЦП для детекторов мощности и датчика температуры;
- Поддержка режимов пониженного энергопотребления;
- 4-проводный интерфейс SPI.

Цены и доступность

Микросхема ADAR1000 выпускается в 88-контактном корпусе LGA размером 7 мм × 7 мм. Для изучения работы ADAR1000 предлагается оценочная плата ADAR1000-EVALZ. Узнать цены новых приборов можно, обратившись к менеджерам Analog Devices.



Оценочная плата ADAR1000-EVALZ.

Maxim выпускает миниатюрный Plug and Play усилитель класса D с самым высоким КПД в отрасли

Предназначенные для широкого круга приложений микросхемы MAX98357 и MAX98358 обеспечивают качество звука усилителей класса AB при КПД усилителей класса D

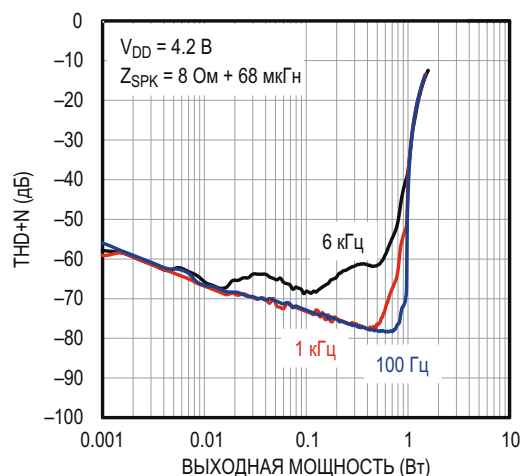
В только что представленных рынку новых аудио усилителях мощности класса D с цифровыми входами MAX98357 и MAX98358, разработчики компании Maxim Integrated Products смогли достичь рекордных для отрасли значений КПД. Несмотря на сверхмалые размеры, эти высокоэффективные Plug and Play усилители способны отдавать в нагрузку мощность 3.2 Вт, обеспечивая превосходное качество звука, ранее достижимое лишь в усилителях класса AB.



Традиционно разработчиками электроники используются аналоговые усилители, которым требуются цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и драйвер линии со стороны процессора приложений. Это увеличивает как общую стоимость оборудования между входом и динамиком, так и его размеры. По мере роста количества потребительских устройств, активируемых голосом, разработчики должны также удовлетворять увеличивающийся спрос на высокое качество звука, что требует от них создания усилителей с низким потреблением энергии и большим КПД.

Plug and Play усилители громкоговорителя MAX98357 с импульсно-кодовой модуляцией и MAX98358 с импульсно-плотностной модуляцией позволяют уменьшить общие размеры решения благодаря продуманному расположению выводов корпуса и существенному сокращенному количеству необходимых компонентов по сравнению с типичными аналоговыми конструкциями. Поскольку в большинстве случаев потребители регулируют громкость на цифровом уровне со стороны выхода, эти особенности дают им возможность развести печатную плату без использования дорогих переходных отверстий. Для обеспечения высокой помехоустойчивости входы усилителей сделаны цифровыми, а невосприимчивость к дрожанию фазы повышена до рекордных для отрасли значений (по меньшей мере, на 8 дБ лучше, чем у конкурирующих решений). Кроме того, отличные характеристики электромагнитной совместимости позволяют увеличить длину печатных проводников, идущих к динамикам, без добавления внешних элементов фильтрации. И, наконец, приборы имеют самый высокий КПД среди всех выпускаемых отраслью усилителей класса D.

Функциональность Plug and Play требует от пользователей лишь подключения к MAX98357 или MAX98358 одного источника питания и двух тактовых сигналов: битовой синхронизации (BCLK) и сигнала разделения каналов (LRCLK) без необходимости использования основного тактового генератора (MCLK). Дополнительный вклад в упрощение конструкции вносит функция автоматического конфигурирования, выбирающая до 35 различных схем синхронизации и 128 различных форматов цифрового аудио. Это автоматическое конфигурирование позволяет



Зависимость суммы общих гармонических искажений и шума (THD+N) от выходной мощности.

исключить сложное программирование через I²C, поскольку отпадает необходимость в перезаписи идентификационных кодов при изменении функциональности аудио. В связи с тем, что все большему числу приложений (таких как умные колонки) требуется полноценное пространственное звучание многоканального аудио, легко прогнозировать дальнейший рост спроса на такие усилители, как MAX98357 и MAX98358, которые для поддержки массивов громкоговорителей легко могут быть включены последовательным шлейфом (до 8 каналов с временным разделением).

Основные преимущества

• Превосходное качество звука:

Высочайший для продуктов подобной категории динамический диапазон (103.5 дБ), самое низкое в своем классе значение суммы общих гармонических искажений и шума (0.013%) и отличные характеристики подавления щелчков и хлопков (–66 дБВ при выходе из режима останова).

• Низкая цена решения:

Корпус WLP с оптимизированным расположением контактов не требует дорогостоящих переходных отверстий на печатной плате. Для большинства приложений достаточно лишь одного внешнего конденсатора развязки и одного источника питания. Конкурирующим решениям нужны, как минимум, два внешних компонента, а печатная плата не может быть разведена без внутренних переходных отверстий.

- **Простота подключения Plug-and-Play:**

Не требуют программирования. Нужен лишь один источник питания, и автоматический конфигуратор сам выберет нужный вариант из 35 конфигураций синхронизации и 128 форматов цифрового аудио.

- **Компактность:**

Поставляются в крошечном корпусе WLP площадью 1.93 мм². Позволяют легко установить три уровня усиления.

- **Наивысший КПД среди усилителей класса D:**

При наилучшем в отрасли КПД, равном 92%, усилители превосходят любые конкурирующие решения.

Доступность и цены

На усилители MAX98357 и MAX98358 установлены одинаковые цены – \$0.87 за штуку.



Отладочная плата MAX98357EVSYS#WLP, подключенная к плате аудио интерфейса.

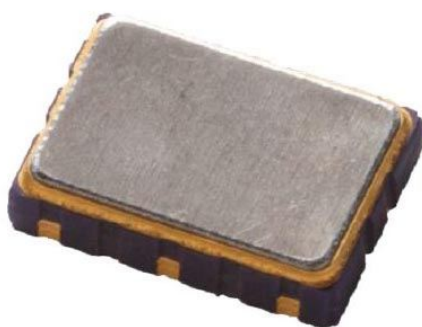
Обе микросхемы можно приобрести на веб-сайте Maxim или у авторизованных дистрибьюторов компании.

За \$59.50 можно приобрести оценочные наборы MAX98357EVSYS#WLP и MAX98358EVSYS #WLP для микросхем в корпусах WLP. (Доступны также версии для корпусов TQFN).

Epson Europe предлагает новый генератор на ПАВ, управляемый напряжением

Сверхнизкий джиттер на высоких частотах

Компания Epson Europe Electronics предлагает новую серию управляемых напряжением генераторов на поверхностных акустических волнах (ПАВ) EV7050. Устройства, предназначенные для высокоскоростных линий оптической связи, отличаются экстремально низким уровнем фазового шума, типовое значение которого на частоте 2.2 ГГц равно 18 фс при отстройке 12 кГц...20 МГц.



Производство EV7050 основано на запатентованных Epson оригинальных технологиях изготовления и корпусирования кристаллов ПАВ. Приборы с дифференциальными выходами LVPECL в корпусах размером 7 мм × 5 мм поддерживают частотный диапазон от

0.6 ГГц до 2.2 ГГц и обеспечивают безотказную работу в течение 18 лет.

Генераторы EV7050 предлагаются в версиях для работы в температурном диапазоне от –10 °С до +85 °С с полосой перестройки ±50 ppm и в диапазоне от –40 °С до +85 °С с полосой ±30 ppm.

Благодаря превосходным характеристикам фазового шума, генераторы серии EV7050 идеально подходят для использования в быстродействующих оптических модулях, выносных радиоустройствах (RRU), контрольно-измерительном оборудовании или в любых приложениях, где требуются быстродействующие АЦП и/или ЦАП.

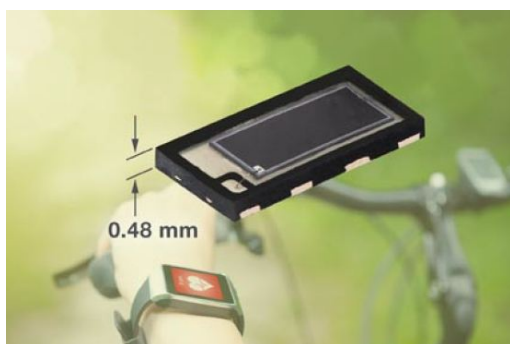
Особенности прибора

- Низкие фазовые шумы: 18 фс при отстройке 12 кГц...20 МГц на частоте 2.2 ГГц;
- Диапазон частот: 0.6 ГГц ... 2.2 ГГц;
- Миниатюрный корпус: 7.0 мм × 5.0 мм × 1.6 мм;
- Низкое энергопотребление: 148 мА на частоте 2.2 ГГц;
- Высокая надежность, обеспечивающая безотказную работу в течение 18 лет.

Новый быстродействующий PIN-фотодиод компании Vishay предназначен для сверхтонких носимых устройств

Устройство для точных измерений сигналов в корпусе для поверхностного монтажа с размерами 4.8 мм × 2.5 мм и наименьшей в отрасли высотой 0.48 мм

Расширяя свое семейство оптоэлектронных продуктов, Vishay Intertechnology представила новый быстродействующий кремниевый PIN-фотодиод VEMD8080 с повышенной чувствительностью к видимому свету. Устройство, выпускаемое подразделением Vishay Semiconductors в низкопрофильном корпусе для поверхностного монтажа с верхним расположением фотоприемного элемента, имеет размеры 4.8 мм × 2.5 мм и наименьшую в отрасли высоту 0.48 мм, что на 0.37 мм ниже, чем у конкурирующих решений. Фотодиод с малыми временами переключения и низкой емкостью 47 пФ предназначен для точного обнаружения сигналов в носимых устройствах и медицинских приложениях.



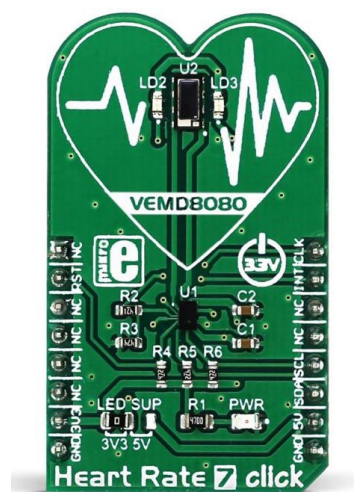
Высокочувствительные приборы с площадью активной области 4.5 мм², обратным фототоком 28 мкА и темновым током 0.2 нА основаны на технологии, хорошо отработанной Vishay на широкой номенклатуре датчиков видимого и ближнего ИК диапазонов, охватывающих спектральный диапазон от 350 нм до 1100 нм. По сравнению с приборами предыдущих поколений, изготавливаемыми по стандартной технологии, чувствительность VEMD8080 к излучению зеленых светодиодов улучшена на 30%.

При совместном использовании с зелеными светодиодами, подобными выпускаемым Vishay VLMTG1400, малые размеры и высокая чувствительность фотодиода позволяют создавать тонкие конструкции для измерения сердечного ритма в таких носимых устройствах, как фитнес браслеты и умные часы. Пря-

моугольная форма прибора дает возможность разместить несколько светоизлучающих диодов в непосредственной близости к чувствительной площадке, чтобы максимально увеличить уровень принимаемого сигнала. В сочетании с двухцветными светодиодами 660 нм и 940 нм фотодиод идеально подходит для пульсоксиметрических измерений в медицинских мониторах.

Ширина диаграммы направленности VEMD8080 по уровню половинной мощности равна $\pm 65^\circ$, пик чувствительности приходится на длину волны 950 нм, а диапазон рабочих температур составляет -40°C до $+85^\circ\text{C}$. Фотодиод не содержит галогенов и отвечает требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green. Чувствительность прибора к влажности соответствует Уровню 4 стандарта J-STD-020, что позволяет хранить его после вскрытия упаковки в течение 72 часов.

Доступны единичные образцы и промышленные партии VEMD8080. Срок выполнения заказов большого объема составляет от 8 до 10 недель. У компании MikroElektronika и дистрибьюторов Vishay можно приобрести также оценочную плату биодатчика Heart Rate 7 click, используемую, в частности, для мониторинга сердечного ритма.

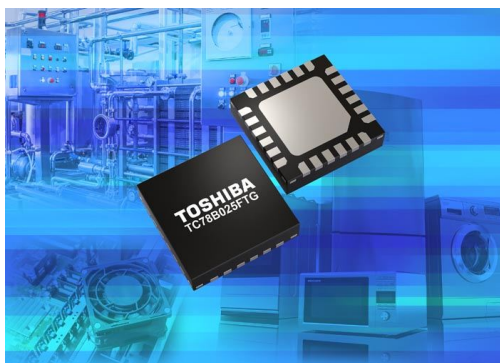


Оценочная плата биодатчика Heart Rate 7 click.

Toshiba выпускает новую микросхему драйвера трехфазных бесщеточных двигателей

Новое устройство с замкнутым контуром стабилизации скорости вращения

Toshiba Electronics Europe анонсировала запуск в массовое производство микросхемы драйвера трехфазных бесщеточных двигателей, управляющего скоростью вращения в замкнутом контуре регулирования. Новое устройство TC78B025FTG предназначено для использования в малогабаритных вентиляторах серверов, домашних приборов и промышленного оборудования.



Применяемые в серверах и других устройствах вентиляторы охлаждения должны иметь небольшие размеры и вращаться с большой скоростью и высокой равномерностью. Наилучшая равномерность достигается использованием управления с обратной связью по скорости, компенсирующей колебания напряжения питания и тока нагрузки. До настоящего времени для этого требовались микрокомпьютеры, однако новое решение Toshiba, основанное на интеграции энергонезависимой памяти, позволяет гибко

управлять скоростью вращения без внешнего контроллера. Устройство позволяет легко конфигурировать систему и поддерживать скорости вращения мотора от сотен до десятков тысяч оборотов в минуту, прежде всего, благодаря интеллектуальной технологии управления фазами двигателя, гарантирующей эффективный контроль в широком диапазоне скоростей без необходимости регулировки.

Устройство работает от источника питания 4.5 ... 16 В, обеспечивая синусоидальное управление со 150-градусной коммутацией фаз. Лучшее в отрасли суммарное сопротивление открытых каналов верхнего и нижнего плеча, равное 0.2 Ом (типичное значение), уменьшает саморазогрев микросхемы, расширяя диапазон рабочих токов. Скорость вращения регулируется простым сигналом ШИМ или аналоговым напряжением, приложенным к отдельному входу. В устройство интегрированы цепи защиты от перегрева и перегрузки по току, а также детектор блокировки ротора. Устройство выпускается в 24-выводном корпусе VQFN размером всего 4 мм × 4 мм × 0.9 мм.

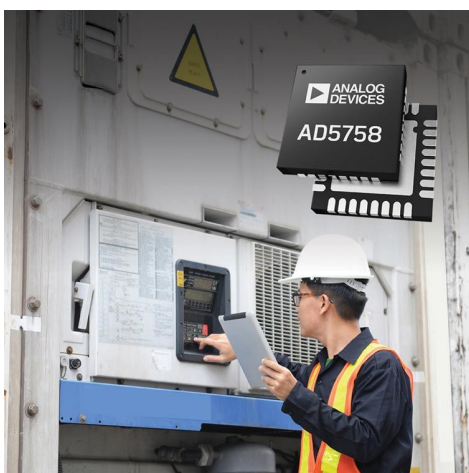
Для сокращения количества внешних компонентов и экономии площади печатной платы в TC78B025FTG реализована безрезисторная система измерения тока с одним датчиком Холла.

Серийное производство микросхемы началось в апреле 2018 года.

Analog Devices представила новый 16-разрядный ЦАП с динамическим управлением мощностью

Analog Devices представила новый цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) AD5758. В нем реализовано второе поколение технологии динамического управления мощностью (Dynamic Power Control – DPC), позволяющей создавать более компактные, дешевые и надежные модули аналогового вывода, не требующие отключения каналов при необходимости ограничения рабочих характеристик в слу-

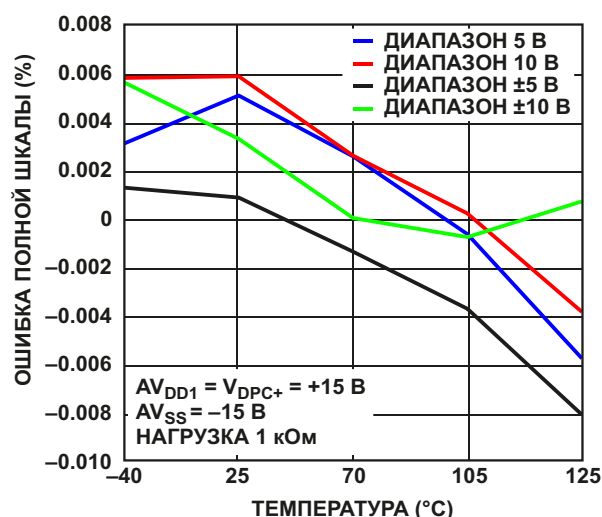
чае повышения температуры устройства. Одноканальный ЦАП с выходами по току и напряжению с функцией DPC предназначен для межканальной изоляции в приложениях промышленной автоматизации, управления технологическими процессами и в приводах двигателей. AD5758 является самым малопотребляющим промышленным ЦАП во всей линейке продукции Analog Devices.



Корпус AD5758 имеет размеры 5 мм × 5 мм – самые миниатюрные в отрасли. Надежная конструкция микросхемы требует меньшего количества внешних компонентов защиты, что снижает габариты и стоимость конструкции. В устройстве предусмотрены расширенные функции диагностики, обеспечивающие наблюдение за характеристиками системы для повышения ее надежности и планирования графиков технического обслуживания. Кроме того, в AD5758 включены цепи, защищающие выход от повреждения при неправильном подключении.

Основные особенности AD5758

- ЦАП с наименьшей в отрасли потребляемой мощностью;
- Интегрированные средства диагностики, обеспечивающие высокую надежность системы;
- Встроенная защита от неправильного подключения;

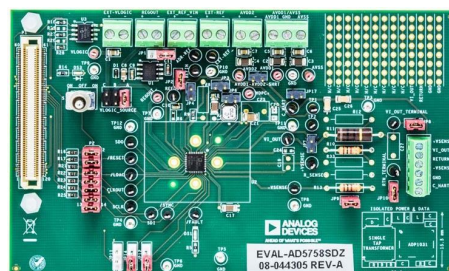


Зависимость ошибки полной шкалы от температуры.

- Общая нескорректированная ошибка вдвое лучше, чем у серийно выпускаемых отраслью приборов – 0.05%.

Цена и доступность

Микросхема AD5758 выпускается в промышленных объемах в корпусе LFCSP. Цена одного прибора в партиях из 1000 штук составляет \$6.77.



Оценочная плата EVAL-AD5758.

Новые интеллектуальные силовые модули Infineon повысят КПД маломощных драйверов двигателей

Глобальные стандарты энергоэффективности часто запрещают производителям импортировать или продавать продукты, не отвечающие требованиям этих стандартов.



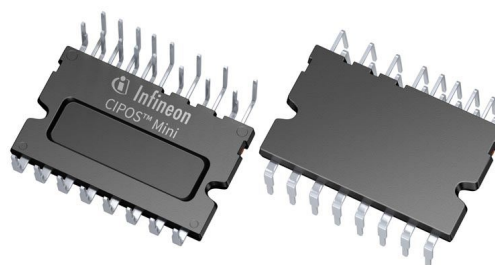
Для того чтобы соответствовать конкретным минимальным требованиям, потери энергии должны снижаться за счет использования новейших технологий. Это побудило Infineon Technologies дополнить семейство CIPOS Mini двумя новыми устройствами. IM512 и IM513 – первые высокоэффективные IPM (intelligent power modules – интеллектуальные силовые модули), отличные электронные характеристики которых обеспечиваются интегрированными CoolMOS MOSFET.

Новые IPM серии IM51x помогут оптимизировать КПД мощности таких приложений, как компрессоры, насосы или вентиляторы бытовых электроприборов.

По сравнению с обычными IPM, в которых используются IGBT, CIPOS Mini на основе CoolMOS теперь смогут обеспечить намного более низкие потери проводимости и переключения. Модули серии IM51x предназначены для управления моторами мощностью до 600 Вт. Особенно хорошо новые устройства подходят для систем, часто работающих в условиях облегченной нагрузки. Снижение общего энергопотребления позволит потребителям сэкономить на стоимости системы, сохранив высокое значение общего КПД. Приборы серии IM5x имеют сопротивления открытых ключей 310 мОм и при температуре 25 °C могут пропускать максимальный ток 10 А при пробивном напряжении 600 В.

Модули можно включать либо в полномостовой (IM512), либо в трехфазной инверторной конфигурации (IM513). Дополнительное повышение надежности системы обеспечивается встроенным NTC термистором для кон-

троля температуры, стандартизованным организацией UL, блокировкой при пониженном напряжении и защитой от перегрузки по току. Для упрощения разводки печатной платы в модули IM51x интегрированы также бутстреп-ные диоды. Семейство CIPOS Mini CoolMOS с минимальным напряжением изоляции 2000 В с.к.з. рассчитано на максимальную рабочую температуру перехода до 150 °C.



Доступность

Приборы серии CIPOS Mini IM51x выпускаются серийно. Новые модули Infineon продемонстрировала на международной выставке PCIM 2018.

Arduino анонсировала новые платы семейства MKR для приложений Интернета вещей

В рамках мероприятия Arduino Day 2018 разработчики команды Arduino объявили о выпуске двух новых беспроводных плат MKR WiFi 1010 и MKR NB 1500, предназначенных для упрощения создания устройств Интернета вещей (IoT).

Первая из плат – MKR WiFi 1010 – отличается низким энергопотреблением и предназначена не только для упрощения и ускорения прототипирования основанных на Wi-Fi приложений IoT, но и для встраивания в приложения IoT, требующие беспроводного подключения по Wi-Fi. Плата является эволюцией существующей Arduino MKR1000, однако теперь она оснащена беспроводным модулем NINA-W10 компании u-blox, выполненным на чипе ESP32 (Рисунок 1). Этот ключевой компонент с превосходными радиочастотными и энергетическими характеристиками, предназначенный для передачи данных в диапазоне 2.4 ГГц по протоколам Wi-Fi и Bluetooth, содержит очень гибкую СпК ESP-32, позволяющую регулировать выходную мощность,

чтобы обеспечить оптимальное соотношение между дальностью связи, скоростью передачи данных и энергопотреблением.

Полностью совместимая с облаком Arduino IT плата MKR WiFi 1010 обеспечивает простой способ миграции с других плат Arduino, а код управления Wi-Fi общедосту-



Рисунок 1. Плата Arduino MKR WiFi 1010.

пен, что облегчает перепрограммирование устройств для обновления прошивки или устранения брешей в системе защиты. Существенной особенностью MKR WiFi 1010 является наличие двух независимых программируемых процессоров: 32-разрядного SAMD21 с ядром ARM Cortex-M0 и двухъядерной 32-разрядной СпК Espressif ESP32, что делает плату высокопроизводительным решением, способным распределять рабочую нагрузку между элементами двухпроцессорной системы. Еще одной немаловажной особенностью является интеграция выпускаемой Microchip микросхемы аутентификации и криптографии ATECC508, предназначенной для защиты сетевых соединений и данных.

Вторая из представленных плат – Arduino MKR NB 1500, – в которой используется мало мощный стандарт NB-IoT (Narrowband IoT), предназначена для работы в сотовых сетях или сетях LTE (Рисунок 2). В сочетании с простотой использования экосистемы Arduino, плата MKR NB 1500 станет отличным выбором для развертывания приложений в отдаленных районах, таких как местные системы мониторинга и модули LTE с дистанционным управлением. Предназначенная для глобального использования плата поддерживает передачу данных через таких операторов как AT&T, T-Mobile USA, Telstra и Verizon по стандарту Cat M1/NB1 в спектральных диапазонах 2, 3, 4, 5, 8, 12, 13, 20 и 28.



Рисунок 2. Плата Arduino MKR NB 1500.

Технология NB-IoT использует существующие сотовые сети LTE и обеспечивает более высокую скорость обмена данными по сравнению с альтернативными сетями IoT, такими как LoRa и Sigfox, гарантируя в то же время низкое энергопотребление. Кроме того, по

сравнению с обычными сотовыми сетями GSM или 3G, время выхода на активный режим и соединения здесь значительно меньше, что способствует дополнительной экономии энергии.

Важно отметить, что у новых плат сохранена полная совместимость с Arduino Uno, Mega и существующими платами MKR. Также общим для обеих плат является их MKR форм-фактор и тот же широкий набор доступных пользователю интерфейсов, включая I²S, I²C, UART и SPI. Обе платы работают от источника питания 3.3 В и располагают 22 цифровыми линиями ввода/вывода, в том числе, 12 с выходами ШИМ, а также семью аналоговыми входами.

«Платы открывают новые возможности обмена данными для самых взыскательных вариантов использования, предоставляя потребителям один из наиболее широких диапазонов выбора вариантов на рынке сертифицированных продуктов», – сказал соучредитель и технический директор Arduino Массимо Банци (Massimo Banzi).

«Протоколы NB-IoT и CAT M1 постепенно становятся реальностью во многих странах мира. С MKR NB 1500 мы хотели создать универсальную и стандартную технологию демократизации доступа к новым сетям, что позволило бы нашим клиентам уже на ранней стадии воспользоваться их большими возможностями», – сказал Фабио Виоланте (Fabio Violante), генеральный директор Arduino. – Мы твердо верим, что MKR NB 1500 имеет все необходимое, чтобы во многих случаях стать продуктом для профессионального использования».

«Что касается MKR WiFi 1010, у нас была возможность глубоко изучить многие продукты Wi-Fi, имевшиеся на рынке в течение нескольких лет. Опираясь на отзывы пользователей, мы подумали, что настало время выпустить новую сверхнадежную плату, пригодную для различных случаев использования, трудно реализуемых с помощью других продуктов, – добавил Виоланте. – Другим аспектом, который нравится нам в представленных продуктах, является то, что прошивка Wi-Fi части разработана нами и имеет открытый исходный код, тем самым, открывая новые возможности для непрерывного совершенствования, в том числе и сообществом Arduino».

Новые платы MKR WiFi 1010 и MKR NB 1500 доступны для заказа с июня 2018 года.

Redpine Signals запускает в производство самые малопотребляющие в отрасли беспроводные микропроцессоры для Интернета вещей

Повышенный уровень безопасности с интегрированными Bluetooth 5, двухдиапазонным Wi-Fi, 802.15.4/ZigBee/Thread и процессором приложений ARM Cortex-M4F

Компания Redpine Signals начала массовое производство самого малопотребляющего в отрасли многопротокольного беспроводного микропроцессора RS14100 для устройств IoT с батарейным питанием. Одновременно Redpine Signals сообщила о выпуске беспроводного решения RS9116 для многопротокольной беспроводной связи, доступного как в хост (n-Link), так и во встраиваемой (WiSeConnect) конфигурациях. Прототипами новых малопотребляющих устройств послужили производимые Redpine уже более десяти лет популярные микросхемы RS9113 и RS9110, которые были выбраны для своих изделий тысячами поставщиков продуктов IoT во всем мире.



RS14100 и RS9116 обеспечивают многопротокольную беспроводную связь в двух диапазонах (2.4/5 ГГц) по стандартам 802.11abgn Wi-Fi, Bluetooth 5 (включая режимы дальней связи и высокой пропускной способности, а также рекламные расширения) и 802.15.4, который может поддерживать спецификации Thread или ZigBee. RS14100 содержит процессор ARM Cortex-M4F, работающий на частоте 180 МГц, и до 4 Мбайт флеш-памяти приложений. В зависимости от требований их устройства, пользователи имеют возможность выбора систем на кристалле и модулей с различными вариантами конструктивного исполнения, включая самый миниатюрный в отрасли интегрированный модуль с размерами 4.6 мм × 7.8 мм. Во встраиваемые модули WiSeConnect, обеспечивающие самую высокую в отрасли пропускную способность 90

Мбит/с, интегрированы стеки протоколов и беспроводных профилей. Хост модули n-Link подключаются к процессорам, работающим под управлением операционных систем Linux, Android или Windows.

Реализованная в RS14100 и RS9116 патентуемая архитектура «big-little» дает возможность на каждом уровне, включая микроконтроллер, Wi-Fi, Bluetooth 5 и 802.15.4, выполнять оптимизированные переходы между высокопроизводительными и малопотребляющими режимами работы. Эта уникальная архитектура поддерживает самый экономичный в отрасли режим ожидания Wi-Fi с током потребления менее 50 мкА, работу процессора ARM Cortex-M4F с потребляемым током всего 15 мкА/МГц и интегрированный приемопередатчик Bluetooth 5, потребляющий меньше энергии, чем автономные устройства Bluetooth 5. Такое сочетание характеристик позволяет устройствам с автономным питанием, в частности, камерам видеонаблюдения, умным замкам, видеодомофонам, фитнес браслетам, промышленным датчикам и радиометкам работать без смены батарей в 3-4 раза дольше по сравнению с конкурирующими решениями.



RS14100 основан на архитектуре защищенной зоны Secure Zone с процессором безопасности, отделенным от процессора приложений, корне доверия на основе физически неклонированной функции (PUF), аппаратных криптоакселераторов Suite-B, безопасной загрузке, безопасном обновлении, безопасном исполнении программного кода, не выгружаемого в ОЗУ из ПЗУ, и защищенной периферии. Это гарантирует высокие уровни безопасности, необходимые для таких при-

ложений, как мобильные терминалы продаж, умные замки, медицинские устройства и средства голосовой аутентификации. RS9116 поддерживает подмножество этих функций безопасности, необходимое для обеспечения беспроводной связи.

RS14100 содержит «постоянно активный» концентратор датчиков с аппаратными ускорителями для обнаружения речевых сигналов, векторной фильтрации, интерполяции и умножения матриц, а также накопитель регистрируемых данных и интерфейс емкос-

тных сенсорных кнопок. Это открывает возможности создания новых приложений, таких, например, как голосовая активация устройств, питающихся от первичных батарей. Кроме того, RS14100 поддерживает большой набор цифровой и аналоговой периферии, включая CAN, Ethernet, карты eMMC/SD, операционный усилитель, АЦП, ЦАП и USB OTG.

Системы на кристалле RS14100 и RS9116, а также модули на их основе запущены в серийное производство.

STMicroelectronics выпустила инновационный LDO стабилизатор в сверхминиатюрном корпусе

Используя разработанный STMicroelectronics LDO стабилизатор STLQ020, разработчики получают дополнительную свободу выбора конструктивных решений без необходимости компромисса между током покоя, выходной мощностью, динамическими характеристиками и размерами корпуса.

Tiny LDO voltage regulator
high performance, ultra-low consumption

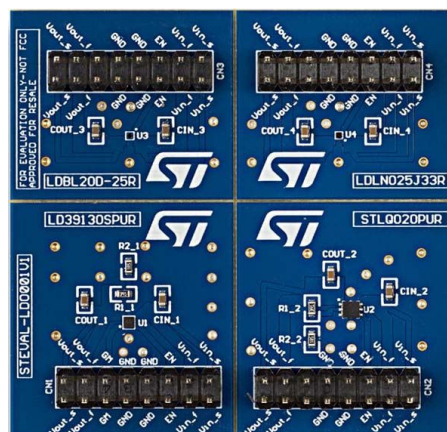


Сочетание высоких электрических характеристик и малых размеров делает STLQ020 идеальным прибором для потребительской техники с батарейным питанием – смартфонов, планшетов, умных часов, аудио или мультимедийных устройств и носимой электроники. С его помощью можно увеличить время работы от батареи конечных устройств Интернета вещей, таких как интеллектуальные счетчики и беспроводные датчики, медицинских устройств, включая носимые мониторы, а также промышленных приложений, предназначенных для автоматизации производства или удаленных измерений.

При собственном токе потребления всего 300 нА STLQ020 способен обеспечить

нагрузку током до 200 мА при отличных характеристиках стабилизации, подавления пульсаций питания и реакции на переходные процессы. Микросхемы выпускаются в компактных корпусах нескольких типов, самый миниатюрный из которых – 4-выводной Flip-Chip4 – имеет размеры всего 0.8 мм × 0.8 мм.

Такая уникальная комбинация характеристик стала возможной благодаря специальной малопотребляющей конструкции и адаптивной схеме смещения, которые обеспечивают высокое качество стабилизации и быстрый отклик на переходные процессы при высоком коэффициенте подавления пульсаций питания. Типовое падение напряжения при полной нагрузке не превышает 160 мВ, что позволяет устройству продолжать работу при более глубоком разряде батареи. Кроме того, переключение микросхемы логическим



Оценочная плата LDO стабилизаторов STEVAL-LDO001V1.

сигналом в режим ожидания снижает ток потребления STLQ020 всего до 5 нА, давая возможность увеличить интервал между заменами таблеточных элементов питания в таких редко активируемых приложениях, как удаленные датчики.

Благодаря широкому диапазону входных напряжений от 2.0 В до 5.5 В, STLQ020 можно подключать как к подходящей батарее, так и к шине питания цифровых устройств. Выпускаются версии с регулируемым или фиксированным выходным напряжением. В первом случае напряжение в диапазоне от 0.8 В до

4.5 В устанавливается с помощью внешних резисторов, а во втором выбирается при заказе из того же диапазона с шагом 50 мВ.

STLQ020 выпускаются серийно в корпусах DFN6 с размерами 2 мм × 2 мм, Flip-Chip4 (0.8 мм × 0.8 мм) или SOT323-5L (2.1 мм × 2.0 мм), и в лотах из 1000 микросхем продаются по цене \$0.168 за штуку.

Для ознакомления с возможностями новых приборов за \$9.68 можно приобрести оценочную плату STEVAL-LDO001V1, содержащую четыре различных LDO стабилизатора, в том числе и STLQ020.

В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя?



Часть 1

Александр Русу, Одесса, Украина

Дроссель обычно является самым большим и тяжелым элементом импульсных преобразователей электрической энергии, поэтому уменьшение его размеров и веса для разработчиков малогабаритных приложений всегда будет одной из самых приоритетных задач. Но как сделать его максимально компактным? Очевидно, что для этого необходимо четко понимать все процессы, происходящие при импульсном преобразовании. К сожалению, количество доступных публикаций на эту тему невелико, и многим разработчикам снова и снова приходится идти «эмпирическим» путем, порой совершая одни и те же ошибки. Хотя ничего сложного в этом нет. Достаточно один раз досконально разобраться в этом вопросе, чтобы в следующий раз четко понимать, «сколько же ватт мощности можно выжать из этой железки» и что для этого надо.

Вопросы миниатюризации дросселя уже не раз затрагивались в предыдущих статьях об импульсном преобразовании электрической энергии, опубликованных в журнале и на сайте РадиоЛоцман. Так, например, в [1] была получена формула, показывающая, что минимально необходимый объем материала

магнитопровода напрямую зависит от величины преобразуемой мощности $P_{\text{ИР}}$:

$$V \propto \frac{2}{f_{\text{ПР}}} \frac{\mu_{\text{ЭКВ}}}{B_{\text{МАХ}}^2} P_{\text{ИР}}, \quad (1)$$

где

$B_{\text{МАХ}}$ – максимальная индукция в магнитопроводе;

μ_0 $1.257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнитная проницаемость вакуума;

$\mu_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентная магнитная проницаемость магнитопровода, учитывающая все особенности его конструкции, в том числе и наличие немагнитных зазоров;

$f_{\text{ПР}}$ – частота преобразования.

В этой же статье было показано, что уменьшить V можно как увеличением частоты преобразования $f_{\text{ПР}}$, что широко известно, так и уменьшением количества преобразуемой мощности $P_{\text{ИР}}$. Для доказательства последнего утверждения пришлось придумать виртуальный импульсный регулятор (ИР), вход и выход которого можно по-разному соединить с входом и выходом преобразователя (Рисунок 1). В результате оказалось, что для повышающего и понижающе-

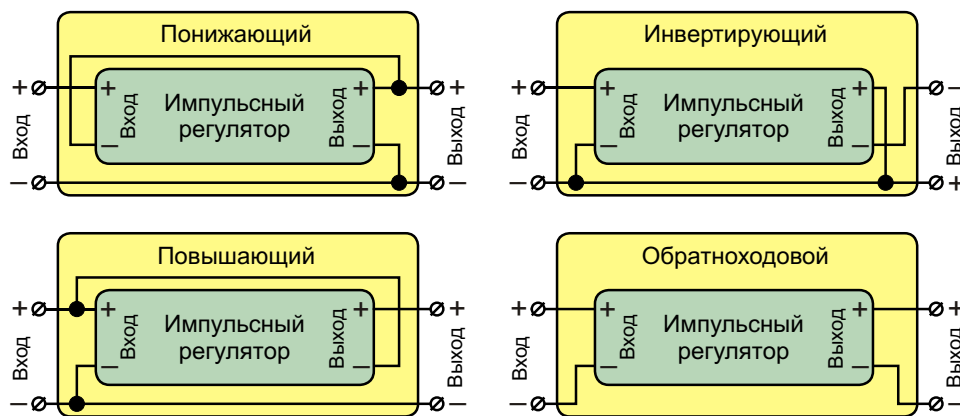


Рисунок 1. Структурные схемы импульсных преобразователей.

го преобразователей мощность импульсного регулятора, а, следовательно, и размеры дросселя, могут быть меньше, чем в инвертирующей или обратноходовой схеме. Последнее утверждение, кстати, вызвало достаточно оживленную дискуссию среди читателей, с которой, при желании, можно ознакомиться на форуме РадиоЛоцман, в ветке, посвященной обсуждению статьи [1].

Однако формула (1) является неравенством. Это означает, что по ней можно определить только минимально необходимый объем магнитного материала магнитопровода. То есть, выбирать магнитопровод с меньшим количеством магнитного материала нельзя – работать не будет даже теоретически. А вот для того, чтобы в формуле (1) выйти хотя бы приблизительно на знак равенства, необходимо еще выполнить ряд условий, о которых и пойдет речь в этой статье.

Как и в предыдущих работах, при анализе будут использованы идеализированные модели. Предвидя возможную и обоснованную критику со стороны читателей, хочу сразу заметить, что объем журнальной статьи, в отличие от книги, ограничен. Поэтому в статье удастся рассмотреть в лучшем случае только какой-то один конкретный вопрос. И если для его решения достаточно упрощенной модели, то, согласно бритве Оккама, не нужно загромождать объяснение введением дополнительных понятий. Конечно, индуктивности рассеяния, потери в магнитопроводе, неидеальности магнитных материалов и прочие неприятные факторы реального проектирования будут вносить коррективы в работу преобразователей, однако, для того, чтобы разобраться с режимами работы маг-

нитопровода дросселя, про них можно временно забыть.

Эта статья является продолжением цикла, посвященного импульсному преобразованию электрической энергии [1 – 4]. С ее помощью можно глубже понять процессы, происходящие в преобразователях с индуктивным накопителем – самым распространенным типом вторичных преобразователей. А желающие еще более глубоко разобраться в сути вопроса могут ознакомиться с «тяжелыми» статьями [5 – 7], опубликованными в рецензируемых научных журналах.

Анализ режимов работы магнитопровода

Как было определено в [1, 5], магнитопровод дросселя должен накапливать в магнитном поле энергию $W_{\text{ИМП}}$, величина которой напрямую зависит от преобразуемой мощности $P_{\text{ИР}}$:

$$W_{\text{ИМП}} = \frac{P_{\text{ИР}}}{f_{\text{ПР}}} \quad (2)$$

Эту же энергию можно выразить через параметры магнитного потока дросселя (t):

$$W_{\text{ИМП}} = \frac{1}{2} \frac{C_{\text{П1}}}{A_L}, \quad (3)$$

где

$C_{\text{П1}}$ и A_L – соответственно, изменение и среднее значение магнитного потока на первом этапе преобразования (Рисунок 2); A_L – справочный параметр магнитопровода (Inductance Per Turn), используемый при расчете индуктивностей обмоток.

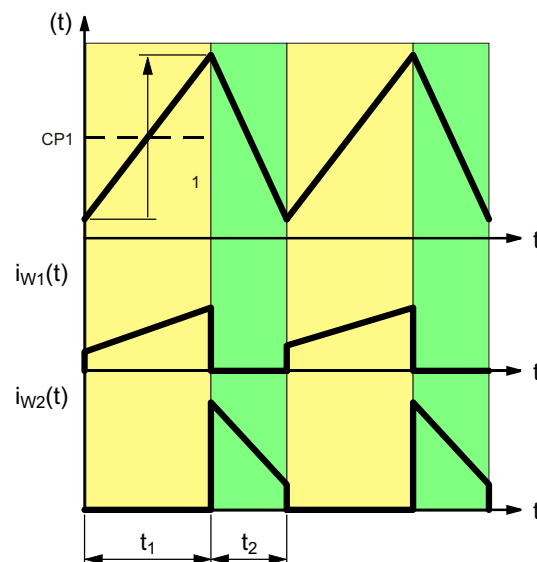
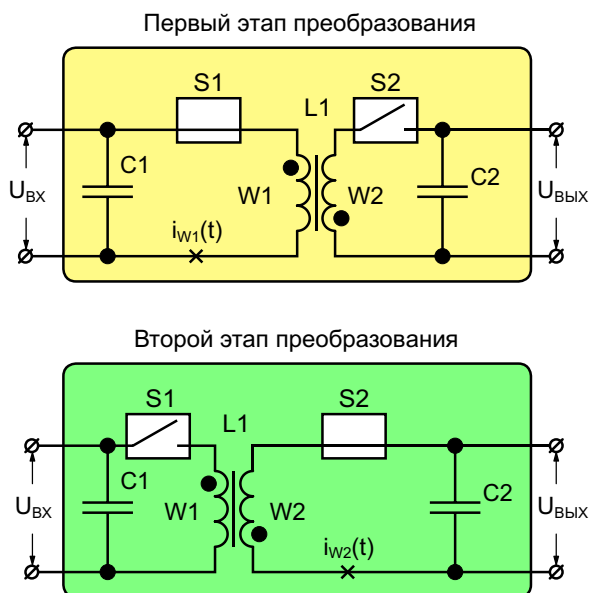


Рисунок 2. Принцип работы обратноходового преобразователя (t_1 , t_2 – длительность первого и второго этапов, соответственно).

Как видно из формулы (3) и Рисунок 2, магнитный поток $\Phi(t)$ в магнитопроводе дросселя можно разделить на две составляющие: постоянную Φ_{CP1} и переменную Φ_1 . Причем обе составляющие, согласно (2) и (3), влияют на величину преобразуемой мощности $P_{ИР}$, и обе составляющие выбираются разработчиком. А как их выбирать? Рассмотрим этот вопрос подробнее.

В общем случае преобразователь может работать в четырех различных режимах (Рисунок 3), которые подробно рассмотрены в [2, 5]: безразрывном (Continuous Conduction Mode), граничном (Boundary Mode), разрывном (Discontinuous Conduction Mode) и режиме принудительной непрерывной проводимости (Forced Continuous Conduction Mode). Каждый из этих режимов имеет свои преимуще-

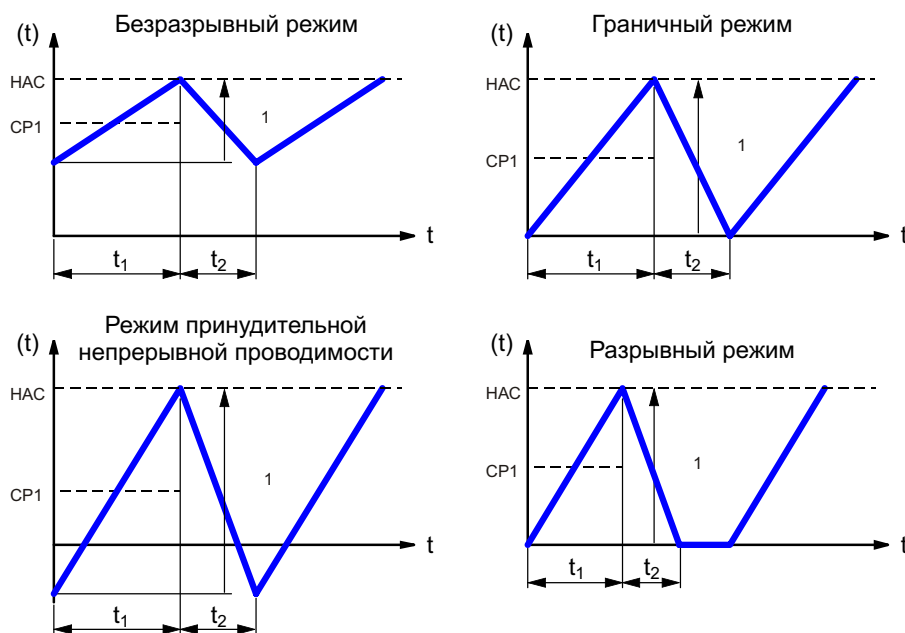


Рисунок 3. Форма магнитного потока при различных режимах работы.



Рисунок 4. Зависимость относительной мощности импульсного регулятора от величины изменения магнитного потока $\Delta\Phi / \Phi_N$.

щества и недостатки и характеризуется различными значениями $\Delta\Phi / \Phi_N$ и C_{P1} при одном и том же уровне преобразуемой мощности $P_{ИР}$. Следовательно, для разных режимов теоретически необходим разный объем магнитного материала.

На практике величины $\Delta\Phi / \Phi_N$ и C_{P1} произвольно выбирать нельзя, потому что они взаимосвязаны и взаимозависимы, ведь максимально допустимый магнитный поток в реальном магнитопроводе ограничен величиной Φ_N , при которой происходит насыщение ферромагнитного материала:

$$\left| \frac{C_{P1}}{1} \right| \leq \frac{\left| \frac{\Delta\Phi}{\Phi_N} \right|}{2} \quad (4)$$

Если выразить из (4) значение C_{P1} как функцию от соотношения $\Delta\Phi / \Phi_N$, то по формуле (3) можно определить максимальное количество энергии $W_{ИМП}$, которое можно сохранить в данном магнитопроводе при конкретном значении относительного изменения магнитного потока $\Delta\Phi / \Phi_N$. Теперь, проведя несложные преобразования с использованием формул (2) и (3), можно построить зависимость относительной мощности импульсного регулятора от соотношения $\Delta\Phi / \Phi_N$ (Рисунок 4) [5].

При построении графика, показанного на Рисунке 4, предполагалось, что импульсный

регулятор работает при полной нагрузке, и модуль магнитного потока дросселя достигает величины насыщения (один из вариантов работы в таком режиме показан на Рисунке 3). Также в качестве нормирующего значения Φ_N принималось такое направление магнитного потока, при котором импульсный регулятор при выполнении условия $\Delta\Phi / \Phi_N > 0$ работает в режиме передачи, когда энергия передается с входа на его выход, а при $\Delta\Phi / \Phi_N < 0$ – в режиме рекуперации, когда энергия передается в обратном направлении [2, 5].

Из Рисунка 4 видно, что наиболее эффективно с энергетической точки зрения магнитопровод дросселя используется в случае, когда изменение магнитного потока численно равно величине потока насыщения ($|\Delta\Phi / \Phi_N| = 1$). В этом случае в магнитном поле можно накопить максимальное количество энергии и, следовательно, преобразуемая мощность $P_{ИР}$ будет также максимальной. Согласно Рисунку 3, это условие выполняется в граничном и разрывном режимах работы магнитопровода.

При работе в безразрывном режиме, когда $|\Delta\Phi / \Phi_N| < 1$, магнитопровод дросселя «недоиспользуется» – часть накопленной в нем энергии остается до следующего цикла преобразования, а значит, общая преобразуемая мощность $P_{ИР}$ снижается. При работе со знакопеременным магнитным потоком, когда $|\Delta\Phi / \Phi_N| > 1$, например, в режиме принуди-

тельной непрерывной проводимости, часть энергии, которую можно было бы отдать, например, в нагрузку, теперь необходимо тратить на дополнительное перематывание магнитопровода, поэтому мощность преобразователя также будет уменьшаться. **РЛ**

Список источников

1. Русу А.П. «[Откуда появились базовые схемы преобразователей](#)»
2. Русу А.П. «[Почему импульсные преобразователи "не любят" "легкую" нагрузку](#)»
3. Русу А.П. «[Почему обмотки дросселя обратногоходового преобразователя могут иметь разное число витков](#)»
4. Русу А.П. Может ли ток в обмотке дросселя измениться мгновенно? // РадиоЛоцман – 2018.

– №3. – С.26 – 29 (Часть 1). – №4. – С.26 – 29 (Часть 2).

5. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ электрических и магнитных процессов в дросселях импульсных преобразователей электрической энергии // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА) – 2016. – №6. – С.17 – 29.
6. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ принципов построения и режимов работы импульсных преобразователей электрической энергии // Практическая силовая электроника. – 2016. – №2(62). – С.10 – 24.
7. Кадацкий А.Ф., Русу А.П. Анализ электрических процессов в импульсных преобразователях постоянного напряжения с широтно-импульсным регулированием // Электричество. – 2005. – №9. – С. 43–54.

Окончание в следующем номере

Измерение мощности и энергопотребления с помощью цифровых мониторов

Dennis Hudgins, Texas Instruments

По мере увеличения спроса на энергоэффективные системы еще большее значение приобретает проблема точного контроля мощности и энергопотребления, которую необходимо решать все большему числу инженеров. Одним из решений этой проблемы является измерение напряжения и тока с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) с последующим перемножением полученных результатов процессором для получения мощности. Однако, поскольку напряжение и ток обычно изменяются независимо друг от друга, задержки при обмене

данными и одновременное поступление информации о результатах оцифровки приводят к ошибкам вычислений из-за расхождения времени измерения компонентов расчетной формулы. Для минимизации задержки между измерениями напряжения и тока производитель процессора должна быть достаточной для получения данных от АЦП и вычислений мощности. Но даже при использовании процессора, предназначенного только для выполнения этой функции, любое взаимодействие с другими элементами системы может задержать выполнение

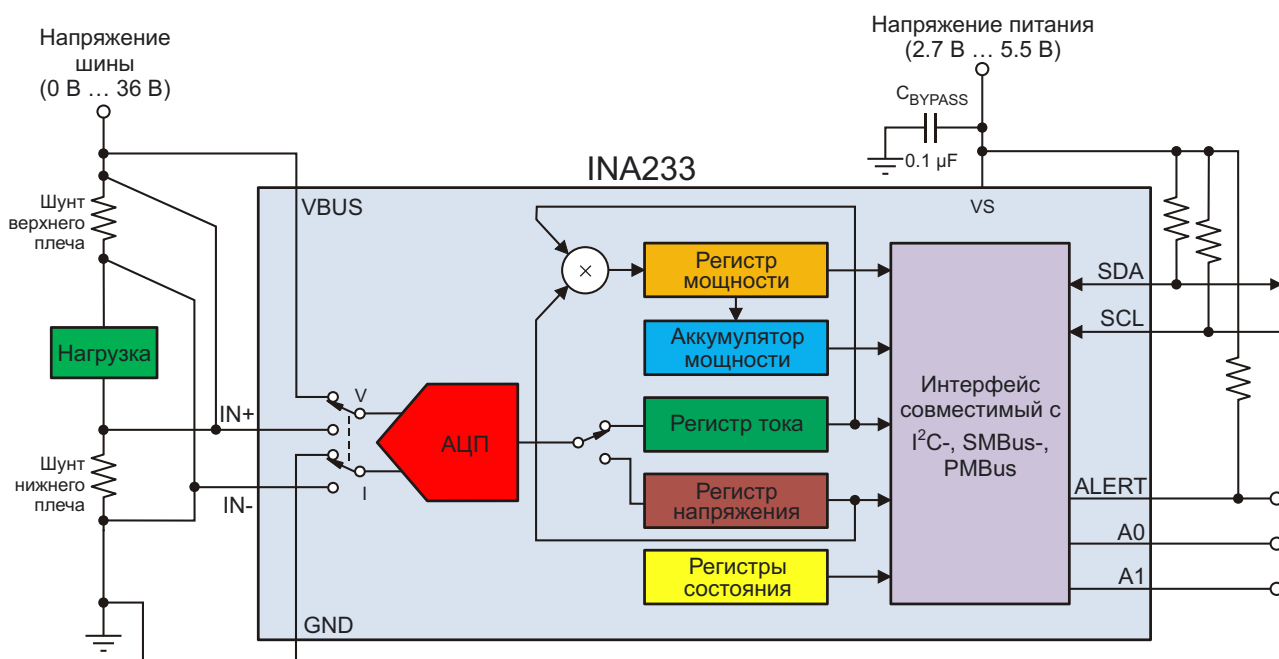


Рисунок 1. Типовая схема включения INA233.

измерений и снизить точность расчетов, а добавление дополнительных функций, таких как усреднение напряжения, тока и мощности, а также мониторинг энергопотребления системы, приведут к еще большей нагрузке на процессор.

Лучшим способом решения этой задачи будет использование специализированных цифровых мониторов тока, которые за счет выполнения всех необходимых математических вычислений и сигнализации о возникновении высокоприоритетных событий освобождают процессор для выполнения других системных функций. Texas Instruments предлагает широкий спектр подобных приборов, одним из которых является микросхема INA233, структурная схема и типовый вариант включения которой показаны на Рисунке 1. Эта микросхема позволяет контролировать напряжение, ток, мощность и энергопотребление и передавать информацию о результатах измерений с помощью интерфейсов, совместимых с I²C, SMBus и PMBus.

На Рисунке 2 показана упрощенная схема внутреннего процессора расчета мощности, которая, для минимизации ошибки расхождения во времени, вычисляется на основании результатов чередующихся измерений напряжений питающей шины и токового шунта.

Все внутренние расчеты выполняются в фоновом режиме и не зависят от скоростей преобразования АЦП и обмена данными по цифровой шине. Микросхема имеет также вывод ALERT, уведомляющий хост-процессор о выходе напряжения, тока или мощности питающей шины за пределы ожидаемых значений. Аварийные события в INA233 обрабатываются независимо, поэтому, прочитав внутренние статусные регистры после появления сигнала ALERT, можно получить информацию одновременно о нескольких источниках неисправностей. Внутренние возможности обработки и оповещения о неисправностях микросхемы INA233 освобождают хост-процессор для управления другими задачами, в то время как устройство может сосредоточиться на постоянном мониторинге системы. INA233 обращается к хост-процессору лишь тогда, когда нуждается в дополнительном внимании.

Микросхема INA233 также содержит 24-разрядный аккумулятор, в котором непрерывно суммируются результаты предыдущих измерений мощности. Аккумулятор мощности может использоваться для контроля энергопотребления системы, чтобы получить среднее значение мощности за определенный период времени. Поскольку мгновенная

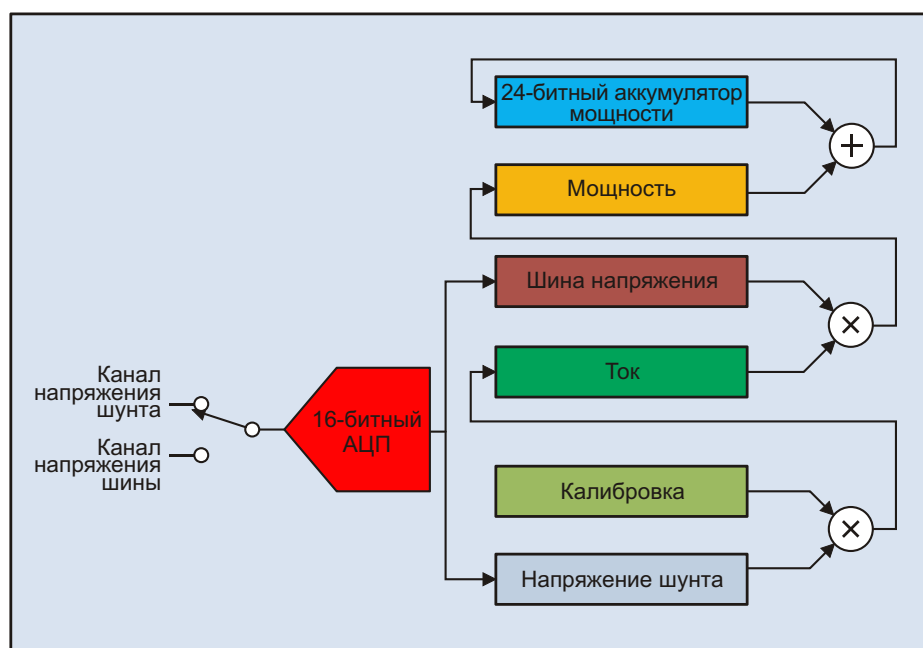


Рисунок 2. Процессор расчета мощности микросхемы INA233.

мощность может постоянно меняться, контроль расхода энергии на протяжении длительного интервала времени является лучшим способом оценки ее среднего значения. Знание количества энергии, расходуемой системой, позволяет во время работы оценивать ее состояние и энергоэффективность, а также эффекты от оптимизации энергопотребления, включая настройку напряжения питания и тактовой частоты процессора.

Время преобразования АЦП для измерения напряжений токового шунта и шины питания программируется в диапазоне от 140 мкс до 8.244 мс. Как видно из Рисунка 3, увеличение времени преобразования снижает

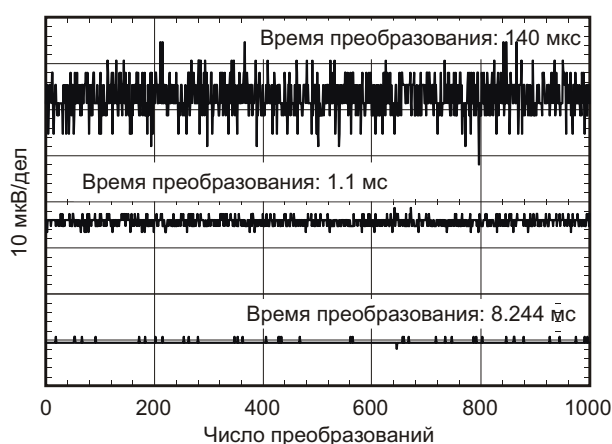


Рисунок 3. Зависимость уровня шума от времени преобразования АЦП.

чувствительность к шумам и повышает стабильность измерений.

В дополнение к возможности программной настройки времени преобразования АЦП, устройство может усреднить до 1024 измерений, чтобы обновить значения внутренних регистров напряжения, тока и мощности. Программируемые времена преобразования и окон усреднения позволяют корректировать скорость обновления телеметрической информации в соответствии с требованиями системы.

Несмотря на наличие в INA233 встроенных механизмов усреднения и настройки времени преобразования АЦП, до получения результата пользователь должен подождать, пока завершится усреднение. Одним из преимуществ внутреннего аккумулятора является возможность вычислить среднее значение мощности в любое время по запросу хост-процессора, не дожидаясь окончания интер-

вала усреднения. В этом случае средняя мощность определяется путем деления общей накопленной суммы результатов измерения мощности на количество отсчетов на данном интервале накопления:

$$P_{AVR} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{P_{TOT}}{n},$$

где

P_{AVR} — средняя мощность,

P — результат i -го измерения,

P_{TOT} — общая накопленная сумма результатов измерения мощности,

n — количество отсчетов на интервале накопления.

После этого путем умножения средней мощности на длительность измерительного интервала или умножения общей накопленной мощности на время преобразования АЦП рассчитывается энергопотребление:

$$E = P_{AVR} \cdot T = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \cdot T_{CONV} = \frac{P_{TOT}}{n} \cdot T_{CONV},$$

где

E — энергия,

T — длительность интервала измерений,

T_{CONV} — время преобразования АЦП.

Поскольку разброс времени преобразования АЦП может достигать 10%, рекомендуется умножать среднюю мощность на время, измеренное внешними часами. Интервал времени для вычисления энергопотребления должен быть достаточно большим, чтобы время передачи данных по цифровой шине было незначительным по отношению к общему времени, используемому при расчете энергии.

Емкость аккумулятора мощности INA233 ограничена 24 битами, поэтому его значение должно периодически считываться и очищаться хост-процессором во избежание переполнения. Имеется возможность сконфигурировать аккумулятор для автоматической очистки после каждого считывания. Время переполнения будет функцией от величины потребляемой мощности, времени пре-

Таблица 1. Рекомендуемые альтернативные устройства

Микросхема	Оптимизированные параметры	Отличия от INA233
INA226	Совместимость с I ² C/SMBus, сокращенный набор регистров	Нет аккумулятора мощности и независимого контроля аварийных ситуаций
INA231	Корпус WCSP, сокращенный набор регистров, меньшая стоимость	Более низкая точность, отсутствие аккумулятора мощности и независимого контроля аварийных ситуаций
INA231	Наименьшая стоимость, сокращенный набор регистров	Меньшая точность и разрешающая способность, отсутствие выхода ALERT и аккумулятора мощности
INA3221	Контроль трех каналов	Меньшая точность и разрешающая способность, контроль напряжений питающей шины и токового шунта

образования АЦП и длительности интервала усреднения. При более высоких уровнях мощности переполнение аккумулятора мощности наступит быстрее, чем при низких уровнях. Кроме того, большее время преобразования и большее число усредненных значений отодвигают момент переполнения; в случаях более низкого энергопотребления время до переполнения может быть увеличено до нескольких часов, или даже до нескольких дней.

Микросхема INA233 – лишь один из множества цифровых мониторов тока, предлагаемых Texas Instruments. В Таблице 1 приведен список некоторых альтернативных устройств, которые могут использоваться

для контроля системы и освободить хост-процессор для выполнения задач более высоких уровней. **РЛ**

Дополнительная техническая документация

1. Scott Hill. «[Current Sensing Analog-to-Digital Converter](#)».

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments INA233](#)
2. [Datasheet Texas Instruments INA219](#)
3. [Datasheet Texas Instruments INA226](#)
4. [Datasheet Texas Instruments INA231](#)
5. [Datasheet Texas Instruments INA3221](#)

Синхронное выпрямление на вторичной стороне

Frederik Dostal, Analog Devices

Analog Dialogue



Вопрос:

Как увеличить КПД моего изолированного источника питания?

Ответ:

Для большинства типичных приложений с понижающими преобразователями использование активных ключей вместо диодов Шоттки является фактическим стандартом. Это позволяет существенно повысить КПД преобразования, особенно при низких выходных напряжениях. Использовать синхронное выпрямление для увеличения КПД можно и в тех приложениях, где требуется

гальваническая развязка. На Рисунке 1 показана схема прямоходового преобразователя с синхронным выпрямлением на вторичной стороне.

Организовать управление ключами синхронного выпрямителя можно различными способами. Один из них, самый простой – управление через вторичную обмотку трансформатора. Именно этот вариант и представлен на Рисунке 1. В этом примере диапазон входных напряжений не может быть очень широким. Минимального входного напряжения должно быть достаточно для поддержания на затворах SR1 и SR2 напряжения, обеспечивающего их надежное открывание. А максимальное напряжение не должно быть слишком высоким, чтобы напряжение на затворах MOSFET SR1 и SR2 не превысило максимально допустимого значения.

Во всех источниках питания с синхронным выпрямлением существуют условия для прохождения через схему отрицательного тока. Например, если конденсатор на выходе схемы предварительно заряжен перед ее включением, ток может течь от выхода в сторону входа. Отрицательный ток способен

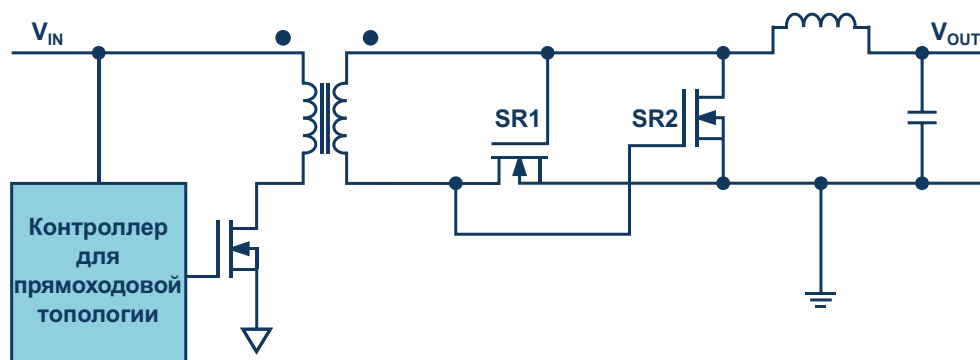


Рисунок 1. Автономное синхронное выпрямление в прямоходовом преобразователе.

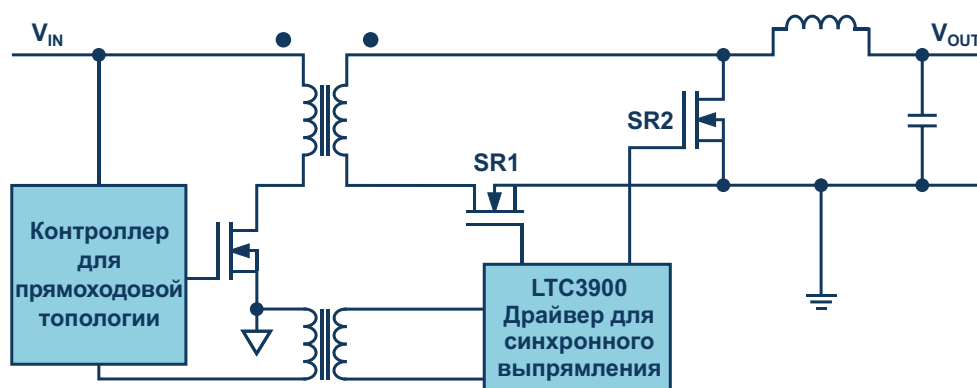


Рисунок 2. Синхронное выпрямление в прямоходовом преобразователе со специализированной микросхемой.

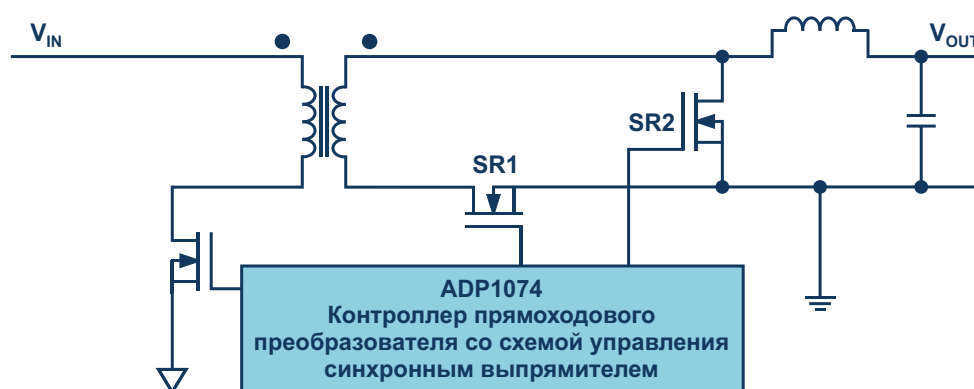


Рисунок 3. Синхронное выпрямление в схеме с прямоходовой топологией на основе полностью интегрированного решения ADP1074.

увеличить напряжения на MOSFET SR1 и SR2 до таких уровней, при которых произойдет повреждение транзисторов. Поэтому в таких случаях необходимо принимать меры для защиты коммутаторов.

Рисунок 2 демонстрирует способ реализации синхронного выпрямления, основанный на использовании микросхемы LTC3900. Она выполняет функции контроллера управления ключами синхронного выпрямителя в преобразователях с прямоходовой топологией.

Эта схема работает вполне хорошо. Защиту внешних ключей от протекания обратного тока выполняет сама микросхема LTC3900. Она способна быстро определить появление отрицательного тока, а затем быстро выключить ключи SR1 и SR2. Это требуется для того, чтобы не допустить повреждения схемы во время запуска или во время возможного режима генерации пачек.

На Рисунке 3 показана очень изящная конструкция с новой микросхемой ADP1074. Информация о выходном напряжении считывается выводом обратной связи. Для исключения риска протекания отрицательного тока через ключи SR1 и SR2, при определенных обстоятельствах, таких как наличие начального заряда выходного конденсатора, синхронное выпрямление не активируется. В это время функцию выпрямления выполняют паразитные диоды двух ключей. Таким образом можно предотвратить повреждение коммутаторов. Безопасную работу ADP1074 без отрицательных токов гарантирует встроенная цифровая изоляция iCoupler. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices ADP1074](#)
2. [Datasheet Analog Devices LTC3900](#)

Почему не стоит использовать Arduino для обучения программированию

Hack van de dam

Я бы мог начать статью словами «Почему Arduino – отстой» или «Почему Arduino – барахло», что привлекло бы огромный трафик к странице в Интернете. Но я не сделал этого, потому что это просто неправда. Arduino – не «барахло», и сам по себе не один из представителей этого семейства ничем не плох. Просто это не самый лучший инструмент для обучения людей программированию, что зачастую вводит их в заблуждение. Позвольте мне объяснить вам, почему.

Что такое Arduino?

«Arduino – это открытая платформа для прототипирования электроники, основанная на гибком, простом в использовании оборудовании и программном обеспечении. Она предназначена для новичков, профессионалов и все тех, кто заинтересован в создании интерактивных объектов или сред», – именно так представлена Arduino своими разработчиками [1]. И они правы. Для создания интерактивных объектов или сред проект Arduino подходит идеально. Вам доступно невообразимое количество примеров кода, вы можете с легкостью считывать датчики (работа с которыми в обычном случае, даже при наличии опыта программирования, может занимать от нескольких часов до нескольких дней), и получаете доступ к большой базе пользователей для обсуждения вопросов. Создание интерактивных объектов – это, прежде всего, взаимодействие с человеком. Подключите датчик к исполнительному устройству, создайте новые алгоритмы и экспериментируйте... Однако для обучения программированию

или использования возможностей встраиваемой электроники такой подход плох.

Именно в этом и заключается мое недовольство Arduino, когда речь заходит о начальном обучении программированию. Путь изучения микроконтроллеров может быть непростым, но он должен опираться на силу этих маленьких существ. Использование Arduino для изучения программирования подобно использованию Макдональдс для изучения кулинарии; вы получаете еду очень быстро, но не получаете навыков самостоятельного приготовления пищи. Когда вам нужно быстро перекусить, Макдональдс – вполне хороший вариант (спорная мысль, но лишь иллюстрирующая мою точку зрения), но это уж точно не кулинарный класс.

Пять причин, почему (не в порядке важности)

1. Отсутствие проектного пространства, разбиения кода и приличной интегрированной среды разработки

Для меня это большая неприятность. Я понимаю, что не следует перегружать новичков переизбытком опций, но среда Arduino IDE выглядит как насмешка над приличной записью кода. Может быть, нужно преклонить колени, чтобы уговорить их сделать цветное выделение переменных, но для начала хотя бы дайте возможность просмотра их определений. Посмотрите, как это выглядит в Code::Blocks [2] на Рисунке 1. Другой момент состоит в том, что весь код необходимо

писать в одном «эскизе» (скетче). Если нужно написать серьезную программу с функциями, которые будут использоваться позже, то хорошая практика (или даже похвальная) заключается в создании модульных фрагментов кода. Запись всего в один длинный файл идет в разрез с этой целью и стимулирует написание неструктурированного кода, называемого «макароны», с запутанным порядком выполнения и определениями переменных везде и нигде.

Общие соображения, касающиеся того, почему так важны заголовочные файлы, очень хорошо изложены на сайте [3]. Кроме того, замечательное руководство по модульному программированию в Си (на английском языке) можно найти в (почитайте посты на форуме). Чтобы получить четкое представление о том, как это делается правильно, загляните, пожалуйста, в подробное руководство по заголовочным файлам в Си, выпущенном MIT [4] (на английском языке):

«Правильно организованная программа на Си имеет хороший выбор модулей и правильно сконструированные заголовочные файлы, которые упрощают понимание и доступ к функциям модуля. Кроме того, это может гарантировать, что в программе используются одинаковые объявления и определения для всех ее компонентов. Это важно, поскольку в соблюдении Правила Одного Определения компиляторам и компоновщикам нужна помощь».

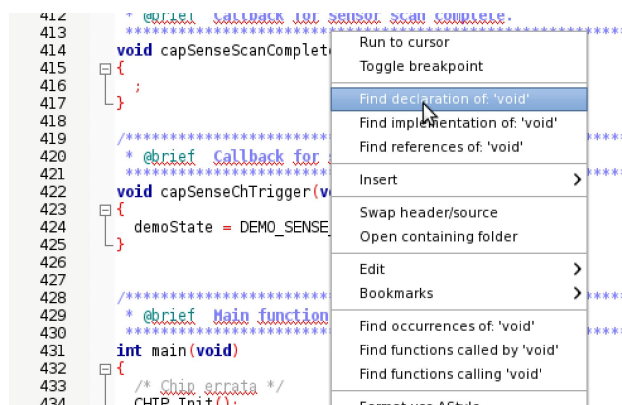


Рисунок 1. Опция поиска определений переменных и их реализация в среде Code::Blocks.

Написанию модульного кода отлично помогает возможность поиска определений и реализаций файлов. Но Arduino IDE не обеспечивает простых способов создания других Си- и h-файлов, а также не позволяет искать опре-

деления в своих собственных файлах кода. (Кто сможет сказать, что на самом деле делает функция «digitalWrite»)? Изучая программирование на Си, пожалуйста, научитесь правильно использовать заголовочные файлы.

2. Плохие уровни абстракций, плохие именования

«Язык программирования» Arduino использует множество predefined функций для использования периферийных устройств Arduino. Имена многих из этих функций вводят в заблуждение или используют плохие абстракции, просто не описывая того, что они делают. Хорошая аппаратная абстракция экономит время разработчика, плохая абстракция усложняет и запутывает. Вот несколько примеров:

1. analogWrite(int):

Функция «записывает аналоговое значение (ШИМ) в порт микроконтроллера». Вы скажете: «Что? ШИМ стал аналоговым?». Он настолько же аналоговый, насколько аналоговая информация на компакт-диске. Сигнал широтно-импульсной модуляции НЕ аналоговый; частота ШИМ Arduino равна «приблизительно» 490 Гц, и нет никаких указаний касающихся того, какой должна быть комбинация RC, чтобы сделать аналоговый сигнал. Это вводит в заблуждение. Сказанного достаточно для управления светодиодом, но это не «аналоговый сигнал», который можно было бы использовать в качестве уставки для аналоговой системы управления.

2. И конечно, если уж вы предоставили возможность генерировать сигнал ШИМ, то хотя бы позвольте установить его частоту.

3. pinMode():

Я должен признать, что ошибка уже исправлена, но некоторое время назад были доступны только значения «INPUT» и «OUTPUT». Если бы потребовалось получить вход с подтягивающим резистором, пришлось бы еще выполнить функцию digitalWrite() для порта, который только что был сделан входом. Те, кто знают архитектуру AVR, понимают, что тем самым производится запись в регистры DDRx и PORTx, но для новичков включение подтягивающего резистора записью в порт, который только что был сделан входом, выглядит очень странной. Сейчас все исправлено, но для этого потребовалось слишком

много времени; функция `pinMode()` уже использовалась, и нуждалась только в этой дополнительной опции. Здесь не только не было абстрагирования от «железа», но эта функция создавала код, который не мог нормально переноситься на другие микроконтроллеры. (Вероятно, поэтому функция была исправлена в момент появления платы Arduino Due).

4. Переменные:

Зачем использовать все типы `char`, `int`, `long` и т.д.? Использование `stdint` (`uint8_t`, `uint16_t`, `int32_t`, ...) даст более правильное понимание и более переносимый код. Тип `int` – это 16-битная величина для компилятора AVR-GCC, тогда как для компилятора GNU ARM – 32-битная...

5. Отсутствие абстракций и свойств системы:

progmem. Очень многие используют для отладки строковые последовательности, которые сохраняются в ОЗУ. Фиксированные строки могут храниться во Flash-памяти и считываться из нее; эти функции присутствуют в пакете `avr-libc`. Поэтому я думаю, что 90% людей, сказавших «память Arduino переполнилась», были бы рады добавлению какого-нибудь ключевого слова.

3. Ужасная документация

Документация по функциям в Arduino ничего не сообщает о том, какие в них используются периферийные модули (не говоря уж о более глубоком уровне), скрывая это от обычных пользователей. Раньше я использовал `openFrameworks`. По крайней мере, с их средой разработки можно в коде посмотреть, как реализуются те или иные функции. С Arduino вы работаете вслепую. Можно ли обращаться к таймеру из функции `servo()`? Будет ли отправка строки в последовательный порт блокировать выполнение программы? Будет ли функция `analogWrite()` влиять на другие функции времени? В руководстве по Arduino вы об этом не прочтаете.

В справочнике по Arduino также описывается её «язык программирования». В базовой структуре используются некоторые функции Си и Си++, описанные, опять же, непонятно. «Arduino» – не тот язык, который вы не постеснялись бы указать в своем резюме. Чтобы считаться программистом, надо уметь программировать на Си! Сходства и различия

этих функций неясны, что приводит к путанице при переходе на другие микроконтроллеры или в среды разработки ANSI-C. Где используются классы? Где используются структуры? Я понимаю, что Arduino не хочет отпугивать новых пользователей, но как же они станут «продвинутыми» пользователями?

4. Отсутствие доступа к периферии и напрасная трата ресурсов

Я знаю, что, смешав скетч с «реальным» Си и используя регистры Atmel, вы можете получить доступ к периферии Arduino и микроконтроллера. Но, если уж вы продвинулись так далеко, пожалуйста, доставьте себе удовольствие и напишите собственный код, где вы будете знать, какая периферия используется и каким образом. Начиная программировать микроконтроллеры, я был поражен скоростью их работы (PIC, 8 МГц). Написание кода, оптимизированного для периферии, использование прерываний для параллельного выполнения максимально возможного числа задач – все это показало мне, какая сила заключена во встраиваемых устройствах и компьютерах. Поэтому, с моей точки зрения, использование Arduino для освоения программирования встраиваемых систем отнимает бесценную возможность научиться созданию по настоящему эффективных и мощных приложений.

У меня на работе многие пытаются писать на Arduino циклы управления. Используя функцию `micros()`, они отмечают время начала функции `loop()`, выполняют свои задачи, а затем снова опрашивают функцию `micros()` для ожидания завершения времени цикла. Это крайне расточительное использование ресурсов микроконтроллера, которые могли бы быть полезными для добавления новых задач, или для процессов, которые не могут работать в одной системе отсчета времени. Одно лишь это делает `mbed` лучше Arduino. Реализация функции `Ticker`, хотя и не лишена недостатков, но, по крайней мере, использует синхронизацию на основе прерываний, оставляя основной цикл для «медленных» задач.

5. Отсутствие «реальной» отладки

Когда в Arduino использовался ATmega328, у разработчика не было порта отладки. Теперь появилась серия плат Due, и отладочные порты имеют микроконтроллеры Microchip

(Atmel) от серии tiny (DebugWire) до серии XMEGA (PDI и JTAG), однако пользователям Arduino этот мощный набор инструментов по-прежнему недоступен. Думаю, что при использовании правильно настроенного отладчика время разработки приложений у меня снижается процентов на 30. Поэтому ARM интересен хотя бы тем, что может использовать реализацию OpenOCD, предоставляющую разработчику широкие возможности отладки и программирования. Несколько точек останова дают очень быструю индикацию выполняемого кода и возникающих ошибок. Меня приводят в восторг все новые наборы разработки ARM с интегрированным аппаратным отладчиком. Добавьте поддержку arm-gdb и OpenOCD, и вы на вершине! Настройка этих инструментов может оказаться немного затруднительной, но полностью стоит того, чтобы попытаться создать достойное встроенное приложение.

Какова же альтернатива?

Я думаю, что приведенных аргументов вполне достаточно для недовольства. Ваш следующий вопрос должен быть таким: как же научиться программировать в хорошей среде разработки? Я могу предложить несколько вариантов, любой из которых либо не лишен определенных недостатков, либо сложен для начального обучения. Я помог довольно многим людям выбрать другие инструменты для начального изучения программирования, и хотя сначала их немного раздражала трудоемкость освоения, в конце концов, они были счастливы, когда начинали понимать, что происходит внутри.

- **Scratch** [5]. Это веселый и легкий инструмент для детей и подростков, желающих освоить программирование, который даже поддерживает возможность разбиения кода. Конечно же, он не предназначен для встраиваемых систем, но для детей это хороший способ понять, что такое программа.
- **Mbed** [6]. Онлайн компилятор с открытым кодом, поддерживающий множество модулей и плат на микроконтроллерах различных производителей, включая NXP, Analog Devices, STMicroelectronics, Nordic Semiconductor, Ublox, который отлично подходит для новичков, так как не требует установки инструментальных средств. С компилятором предлагается огромный

архив примеров, которые можно легко импортировать в свой проект. Да, речь именно о проектах. Вам дается возможность полного контроля над исходным кодом и его структурой, включая онлайн управление версиями. Предоставляемый mbed код – это Си++, использующий классы и перегрузку операторов, что лично меня, воспитанного на ANSI-C, первоначально немного сбивало с толку, однако документация, которую вы тоже найдете в своем проекте, прозрачна и доступна. Использование периферии нельзя назвать простым, но можно косвенно использовать таймеры для генерирования прерываний по времени, и, опять же, все это хорошо документировано. Вам не нравятся онлайн сервисы? Хорошо, можно работать оффлайн. Единственный, на мой взгляд, недостаток mbed – отсутствие возможности отладки с использованием точек останова и наблюдения.

- Компилятор **AVR-GCC/WinAVR** [7] с микроконтроллерами серии Xmega. Пакет программ AVR-GCC (с библиотеками avr-libc) имеет солидную репутацию и очень хорошую базу пользователей [8]. Причина, по которой я рекомендую серию Xmega, – это «фантастическая» документация. Правда, из-за того, что для каждого периферийного устройства есть отдельное указание по использованию, Atmel Studio имеет очень «раздутые» размеры, но зато предоставляет реальный набор мощных инструментов для разметки кода, отладки (точки останова) и симуляции (просмотр и изменение битов регистров периферии). При использовании отладчика Dragon (переоцененного) можно работать с устройствами, имеющими память программ до 32 Кбайт. Конечно, начинать с такого набора без каких-либо знаний в области программирования будет тяжело, но всегда можно найти информацию в Интернете или попросить помощи у знающего друга. При чтении указаний по применению у меня возникает ощущение, что можно создать систему, которая после настройки все будет делать самостоятельно: DMA будут отправлять полученные значения АЦП в память, система событий будет запускать таймеры для запуска ЦАП, и тому подобное. Поработать придется довольно много, но вы сделаете действительно встраиваемую систему. Это как

самостоятельно приготовить суши вместо того, чтобы идти в Макдональдс...

- Использовать отладочные платы **Launchpad/STM32/...** [9]. Другие ARM платы. И да, и нет... Конечно, ARM – это будущее, но начинать с этого, думаю, довольно сложно. Кроме того, при использовании бесплатных инструментальных наборов вам придется потратить уйму времени на их настройку. Правда, это полезно; оценочная плата с интегрированным отладчиком (8 евро за плату серии STM32F0 Discovery [10] – не сравнить с продуктами Atmel/Microchip), и еще что-то, и в своем резюме вы сможете указать, что работали с ARM. Однако документация в основном посредственная и пугающе объемная. Кроме того, набор опций в компиляторах и средах разработки настолько велик, что порой трудно разобраться, почему программа не компилируется.

Заключение

Arduino – отличный «фаст фуд программирования» – легкодоступный, дающий быс-

трый результат и иногда даже изящный. Но для того, чтобы узнать «как программировать» или «как добиться максимальной производительности микроконтроллеров», или же для использования в качестве первого шага Arduino не подходит. Для этого изучайте настоящую кулинарию; начинайте с нуля – с кипящей воды, затем кладите туда scratch, готовьте картофель с mBed и делите суши с Atmel, чтобы в конечном итоге выйти на фрис-тайл с отладочными платами ARM. **РЛ**

Ссылки

1. www.arduino.cc
2. <http://www.codeblocks.org/>
3. <http://embeddedgurus.com/barr-code/2010/11/what-belongs-in-a-c-h-header-file/>
4. [C Header File Guidelines](#)
5. <https://scratch.mit.edu/>
6. <http://www.mbed.org/>
7. <http://winavr.sourceforge.net/>
8. <http://www.avrfreaks.net/>
9. [Launchpad](#)
10. [Evaluation Kit STMicroelectronics STM32F0DISCOVERY](#)

Разбираем светодиодную лампу A19

Martin Rowe

EDN

В моем доме множество светодиодных ламп – в скрытых и открытых светильниках, в подвесных и стоячих лампах. За все время две лампы вышли из строя. Одна – BR30 – выключалась и включалась по мере разогрева и остывания, а другая, типа A19, давала слишком мало люменов. Обе сделаны в Китае, импортированы Feit Electric и проданы компанией Costco.

Для того чтобы добраться до схемы питания, с помощью отвертки и кусачек пришлось разломать основание лампы. Рисунок 1 показывает, как вырвать «стекло» из радиатора.

Удалив колбу, вы сможете увидеть 14 светодиодов (Рисунок 2). Обратите внимание,



Рисунок 1. Отвертка отделила пластмассовую «колбу» лампы A19 от теплоотвода.

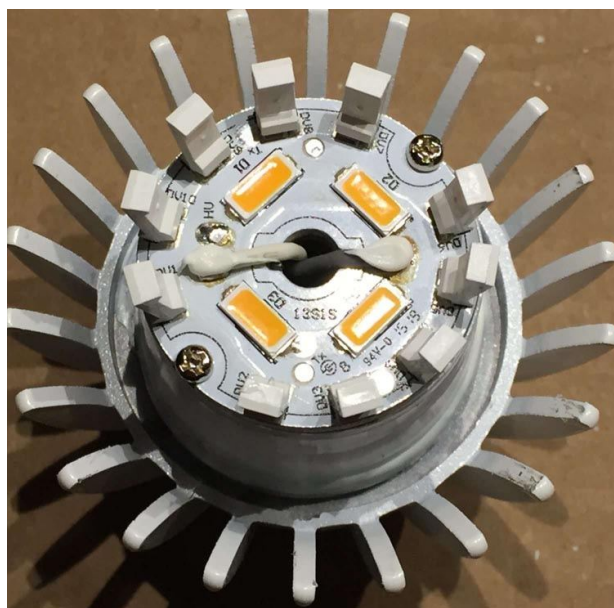


Рисунок 2. 14 светодиодов излучают свет более-менее всенаправленно.

как десять из них установлены вертикально. Это то, благодаря чему излучаемый лампой свет становится «всенаправленным».

С удалением платы светодиодов плата источника питания стала видимой, но не стала доступной (Рисунок 3). Воспользовавшись кусачками, я отломал не отпускавшие плату части пластмассового основания. Посмотрите на алюминиевый электролитический конденсатор 250 В, включенный параллельно светодиодам. Алюминиевый электролитический конденсатор? Это просто жуть!



Рисунок 3. В плате источника питания использован электролитический конденсатор на 250 В, включенный параллельно светодиодам.

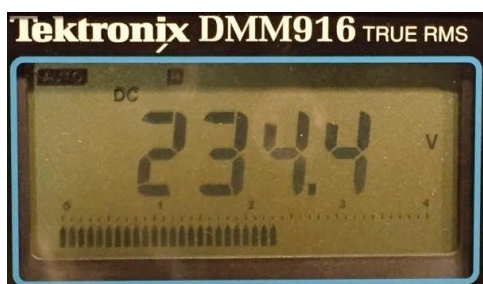


Рисунок 4. Напряжение на выходе ненагруженной платы питания превышает 234 В DC. Этого я не ожидал.

Как же такая светодиодная лампа сможет проработать 25,000 часов? Поверхностные повреждения на корпусе конденсатора появились при вскрытии лампы.

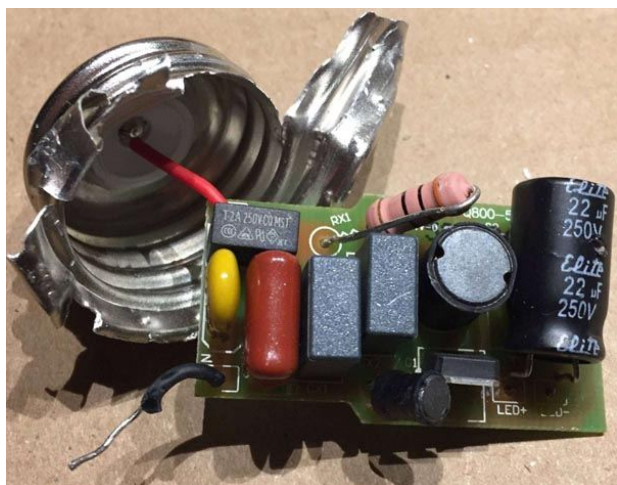


Рисунок 5. Цепь защиты схемы начинается с предохранителя 2 А/250 В (F1). Затем идет хорошо заметный резистор 30 Ом/½ Вт (RX1).

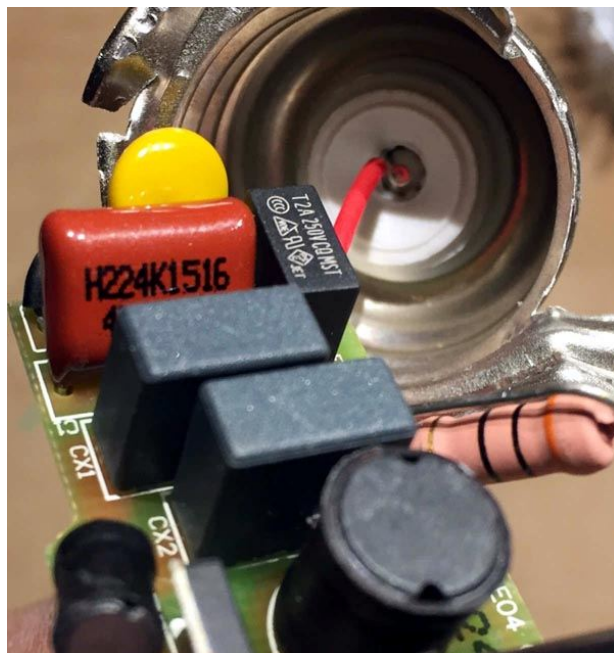


Рисунок 6. Емкость конденсатора, обозначенного C1, равна 0.1 мкФ.

Перед тем, как ломать лампу, я измерил выходное напряжение цифровым мультиметром. Основание лампы все еще осталось неповрежденным, поэтому я вернул его в светильник. К моему удивлению, выходное напряжение составило 234 В DC (Рисунок 4). Трансформатора на плате нет, а следовательно, нет и изоляции от сети переменного тока.

Затем пришло время полностью вынуть печатную плату. Это означало, что нужно разломать остатки лампы. Теперь давайте посмотрим на компоненты. На Рисунке 5 можно видеть предохранитель 2 А/250 В, включенный последовательно в линию сетевого

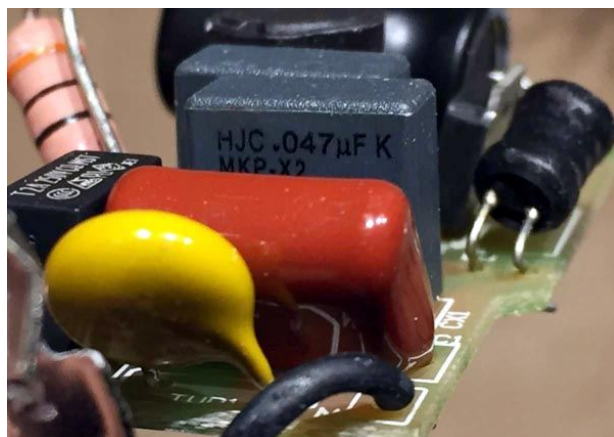


Рисунок 7. Емкости обоих конденсаторов CX1 и CX2 равны 0.047 мкФ.



Рисунок 8. Q1 обозначает N-канальный MOSFET 4N60.

напряжения. Компонент горчичного цвета слева – это TVR1, варистор 7N721K 270 В.

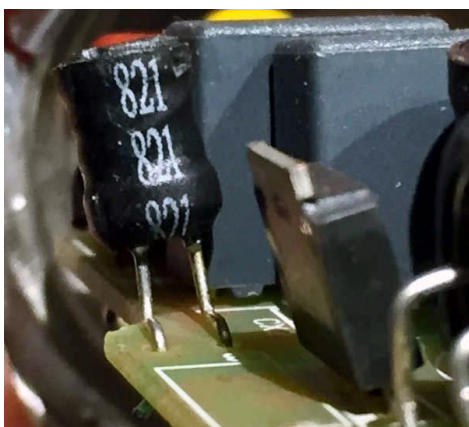


Рисунок 9. Дроссель L2, 820 мкГн.

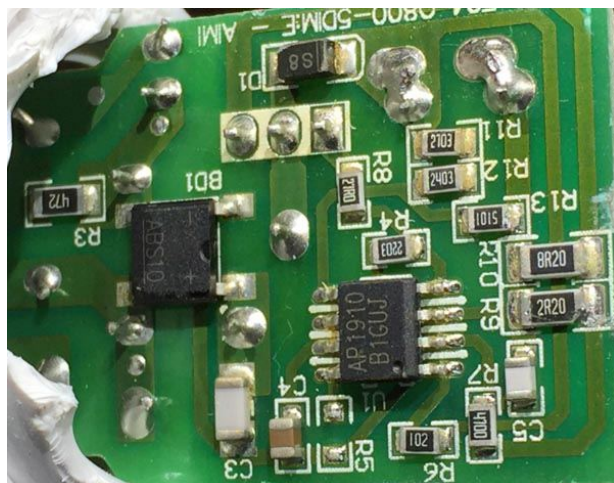


Рисунок 10. На нижней стороне печатной платы размещены двухполупериодный выпрямитель ABS10, диод RB751 с низким

Отогнув компоненты, можно прочесть на них маркировку. На Рисунке 6 показан конденсатор C1 емкостью 0.22 мкФ. Черный бочонок в нижней части фотографии – это немаркированный дроссель, обозначенный L1.

Рисунок 7 показывает конденсаторы CX1 и CX2 одинаковой емкости 0.047 мкФ.

На Рисунке 8 изображен N-канальный MOSFET 4N60 (Q1).

В то время как дроссель L1 не имеет маркировки, на дросселе L2 видны цифры 821, означающие 820 мкГн (Рисунок 9).

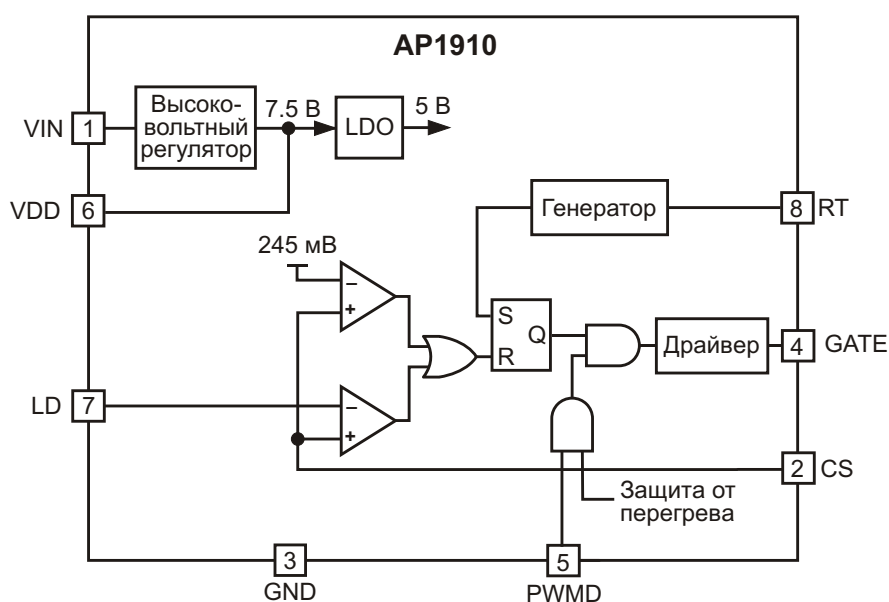


Рисунок 11. Контроллер светодиодов AP1910 управляет яркостью их свечения с помощью N-канального MOSFET Q1.

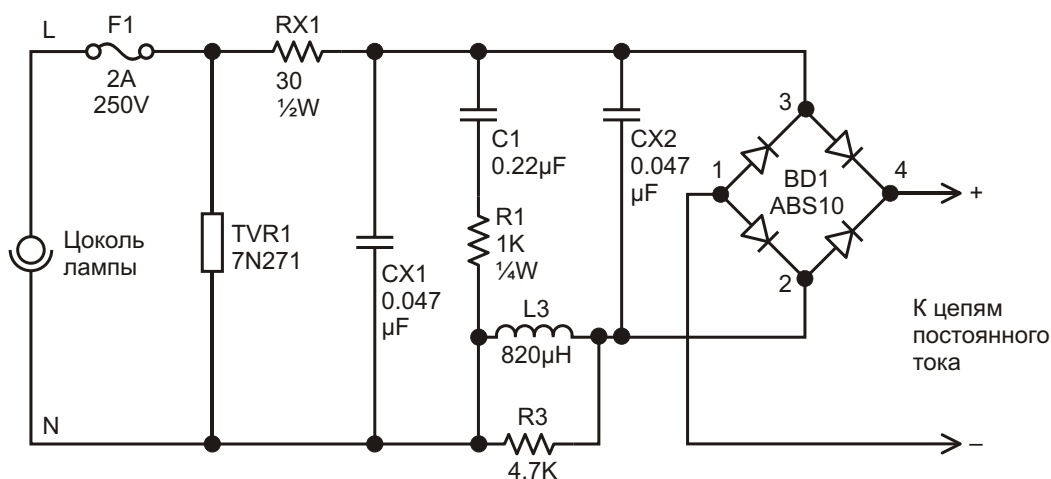


Рисунок 12. Цепь переменного тока содержит элементы защиты, фильтр и двухполупериодный выпрямитель.

Нижняя сторона платы содержит три активных компонента (Рисунок 10). BD1 – двухполупериодный выпрямитель ABS10, выпускаемый компанией Taiwan Semiconductor. Максимально допустимое напряжение равно 70 В с.к.з.

Элемент D1 – диод RB751V с низким падением напряжения, используемый для питания светодиодов. И, наконец, мы видим микросхему AP1910 (U1) – универсальный контроллер управления светодиодами высокой

яркости. Его функциональная схема изображена на Рисунке 11.

Цепи переменного тока показаны на Рисунке 12. F1 и TVR1 защищают схему от чрезмерных токов и напряжений. Это утешает. Самые плохие зарядные устройства для iPhone никак не защищены от перегрузки по току или напряжению.

U1 и Q1 в цепи постоянного тока (Рисунок 13) управляют яркостью светодиодов, обеспечивая постоянство тока с использова-

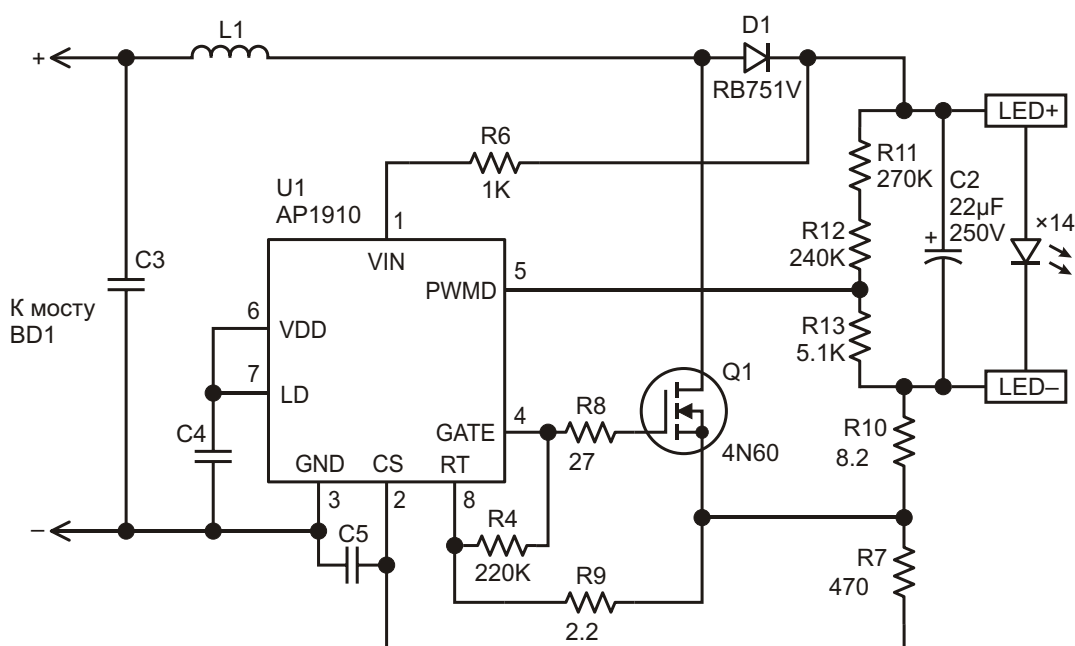


Рисунок 13. Цепь постоянного тока содержит контроллер драйвера светодиодов U1, управляющий N-канальным MOSFET Q1.

нием широтно-импульсную модуляции. Дроссель L1 и конденсатор C3 сохраняют энергию в цикле выключения.

Итак, мы увидели, что находится внутри светодиодной лампы. Мой знакомый, утверждавший, что лампа не изолирована от сети, оказался прав. Должен признать, меня сильно удивило отсутствие изоляции и то, что цепочка светодиодов питается постоянным напряжением 234 В. Учитывая результат

измерения, я должен предположить, что постоянное напряжение на светодиодах не могло быть причиной более низкой интенсивности свечения по сравнению с другими светодиодными лампами Feit Electric A19, используемыми в моем доме. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet AnSC Technology AP1910](#)

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование



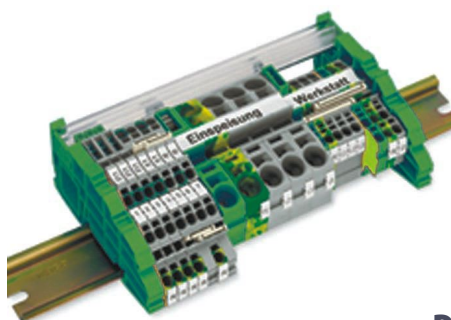
»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



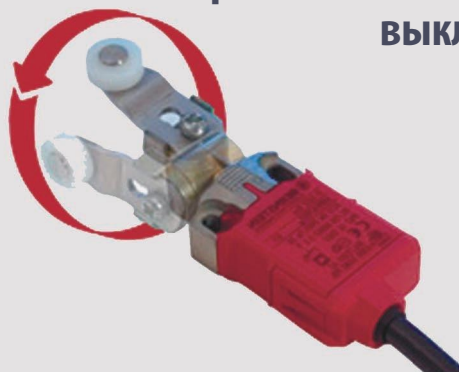
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS

клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат



BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU



Резонансный преобразователь Чука уменьшает индуктивности

Michael Dunn

EDN

Имя доктора Слободана Чука (Slobodan Ćuk) знакомо большинству инженеров по названию архитектуры DC/DC преобразователя Чука, справедливо славящегося низкими входными и выходными пульсациями тока и способностью работать в понижающе-повышающем режиме.

Поэтому, когда недавно я узнал о том, что Доктор анонсировал новую архитектуру, это, определенно, не могло не привлечь моего внимания.

Я общался с Доктором, но немного не понял, каков же статус его новой конструкции. Похоже, макет был сделан, но остальные детали он обрисовал очень поверхностно.

Схема преподносится как резонансный преобразователь, который, несмотря на

довольно низкую рабочую частоту (например, 50 кГц), может обойтись очень незначительной индуктивностью – даже индуктивностью печатных проводников платы, которая резонирует с большой емкостью (Рисунок 1).

Поскольку существующие описания схемы я нашел немного сложными для понимания (что, несомненно, больше характеризует мою квалификацию, чем схему), вот вам мой собственный свежий взгляд на ее конструкцию:

Если не учитывать индуктивности (заменить их перемычками), мы, по существу, получим классический зарядовый насос с соотношением входного и выходного напряжений 2:1.

Представьте себе схему в более или менее равновесном состоянии, ключи которой находятся в положениях, показанных на рисунке. Входное напряжение будет поделено между C1 и C2. Когда состояния ключей изменятся на противоположные, C1 окажется включенным параллельно C2 (через S2 и D1) и передаст часть своего заряда для пополнения C2.

При задействованных индуктивностях каждая фаза зарядового насоса заключает в себе половину резонансного цикла. Это уменьшает выбросы тока, которые могут возникать в стандартных конструкциях зарядовых насосов, и дает возможность без потерь КПД управлять коэффициентом заполнения

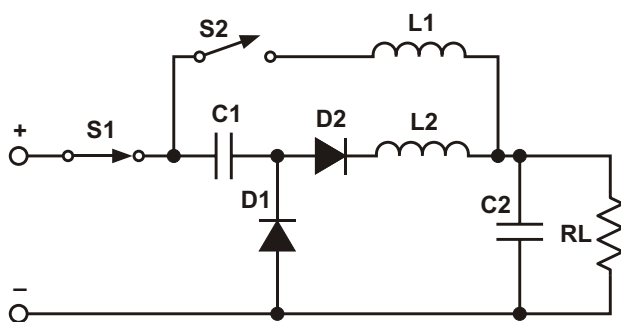


Рисунок 1. Гибрид резонансного понижающего преобразователя и зарядового насоса, предложенный доктором Слободаном Чуком.

импульсов для регулировки выходного напряжения (поскольку индуктивности замедляют скорость передачи заряда). Полагаю, что схема управления также должна была бы поддерживать пульсирующий режим, чтобы не допускать роста выходного напряжения при легких нагрузках, так как во время фазы передачи заряда энергия L2 будет продолжать сбрасываться в конденсаторы.

Если вы не возражаете против их потерь, D1 и D2 могут быть реальными диодами, но в большинстве случаев использовались бы синхронные ключи. В этом случае, как указывает Чук, может потребоваться блокировка тока MOSFET, заменяющего D2, когда он открыт так же, как диод, но паразитный диод N-канального MOSFET, исток которого будет на месте катода D2 (как в одной из схем Чука), окажется включенным не в том направлении. Возможно, понадобится встречное включение MOSFET, но тогда, опять же, с правильной схемой управления, думаю, исток может быть слева.

Я признаю, что мои аналитические навыки здесь работали на пределе возможностей, поэтому, если вы считаете, что я ошибаюсь, пожалуйста, не очень ругая меня, изложите свое мнение о работе этой схемы.

В то время как Чуку, похоже, нравится идея поддержания низкой частоты переключения, я не вижу причин не увеличивать ее, чтобы получить обычный выигрыш от уменьшения номиналов L и C и ускорения реакции на переходные процессы (и заплатить за это ростом потерь переключения). О каких номиналах мы говорим? Вот несколько примеров:

- 50 кГц: 1,000 мкФ, 10 нГн
- 500 кГц: 22 мкФ, 4.6 нГн
- 2 МГц: 6.8 мкФ, 1 нГн

Иногда квадратные корни действительно работают в вашу пользу.

Если вы хотите немного больше узнать о резонансной схеме Чука, покопайтесь вместе Гуглом в Интернете. Что вы думаете о возможностях этой схемы? **РЛ**

Высокоточный плавающий источник тока

D Ramírez, S Casans, C Reig, AE Navarro, and J Sánchez

EDN

Универсальные преобразователи полного сопротивления (generalized impedance converter – GIC) хорошо известны теоретикам и разработчикам активных фильтров, но в меньшей степени с ними знакомы специалисты широкого профиля. GIC содержит однопортовую активную схему, обычно состоящую из недорогих операционных усилителей (ОУ), резисторов и конденсаторов. GIC преобразует емкостное сопротивление в индуктивное и, таким образом, может заменить индуктивность в фильтре, описываемом

передаточной функцией RLC. Кроме того, гибкость формулы, характеризующей входной импеданс GIC, позволяет создавать виртуальные импедансы, не существующие в виде физических компонентов, например, частотно зависимые резисторы [1]. Наиболее широкое применение GIC, схема которого впервые была представлена разработчиками более 40 лет назад, нашел в схемах переменного тока и в активных фильтрах.

На Рисунке 1 изображена классическая схема GIC, входной импеданс Z_{IN} которой

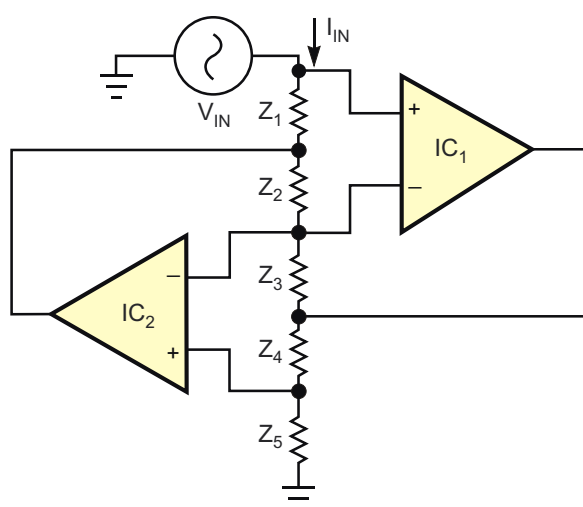


Рисунок 1. Классический универсальный преобразователь полного сопротивления. Схема подключения питания для простоты опущена.

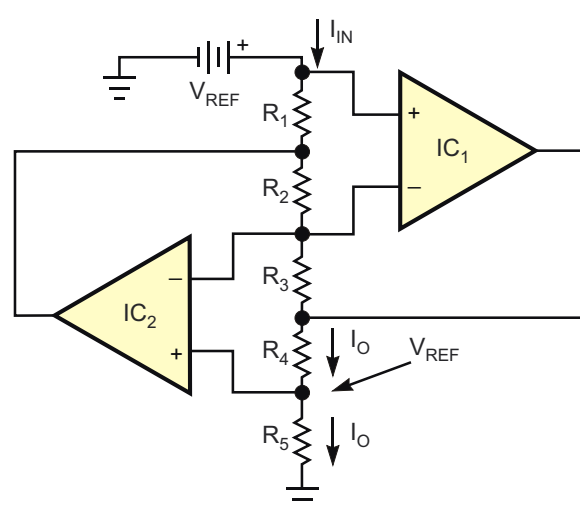


Рисунок 2. При замене всех реактивных импедансов GIC резисторами получается источник постоянного тока.

зависит от характера импедансов $Z_1 \dots Z_5$ и описывается следующей формулой:

$$Z_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{Z_1 Z_3 Z_5}{Z_2 Z_4}.$$

Например, если Z_1, Z_2, Z_3 и Z_5 образованы резисторами R_1, R_2, R_3 и R_5 , а Z_4 – конденсатором C_4 , то входной импеданс Z_{IN} будет представлять собой виртуальную индуктивность величиной L_{IN} :

$$L_{IN} = \frac{R_1 R_3 R_5 C_4}{R_2}.$$

На Рисунке 2 показана схема GIC в конфигурации для постоянного тока. Рассматривая схему в среде только постоянного тока, можно представить себе новые приложения. К примеру, импедансы $Z_1 \dots Z_5$ можно заменить простыми сопротивлениями $R_1 \dots R_5$, а вместо источника переменного напряжения подключить к входному порту стабильный и точный опорный источник постоянного напряжения. Простой анализ схемы с замещением IC_1 и IC_2 идеальными операционными усилителями показывает, что входное опорное напряжение V_{REF} повторяется на резисторе R_5 , и, как показывает следующее уравнение, через R_5 течет постоянный ток I_O .

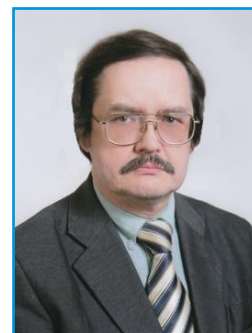
$$I_O = \frac{V_{REF}}{R_5}.$$

Однако неинвертирующий вход ОУ IC_2 отбирает небольшое количество тока из точки соединения R_4 и R_5 , и, таким образом, ток I_O протекает также и через R_4 . Потребляемый от источника опорного напряжения ток можно свести к минимуму выбором больших сопротивлений резисторов R_1, R_2 и R_3 . Например, отдавая в R_4 ток от 2 мА до 10 мА, схема может забирать от опорного источника лишь десятые доли микроампера. Использование для V_{REF} и R_5 точных компонентов с малым дрейфом обеспечивает высокую стабильность тока I_O . Области применения схемы включают цепи возбуждения измерительных мостов Уитстона и датчиков на основе платиновых элементов [2]. Кроме того, в [3] предлагается заменить R_4 последовательной цепочкой резистивных датчиков. **РЛ**

Ссылки

1. Franco, S, Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits, Third Edition, ISBN 0072-320842, WCB-McGraw-Hill, 2001.
2. Ramírez, Diego, S Casans, and C Reig, "Current loop generated from a generalized impedance converter: a new sensor signal conditioning circuit," Review of Scientific Instruments, Volume 76, No. 1, January 2005.
3. Anderson, KF, "Looking under the (Wheatstone) bridge," Sensors, June 2001, pg 105.

Генератор импульсов с независимой регулировкой частоты и скважности



Михаил Шустов, г. Томск

Приведена схема генератора прямоугольных импульсов с независимой регулировкой частоты от 1 до 10 кГц и коэффициента заполнения от 0 до 100%

Проблема создания генераторов импульсов с независимым регулированием частоты следования импульсов и их скважности (или коэффициента заполнения), несмотря на ее актуальность, до последнего времени оставалась трудно разрешимой.

На Рисунке 1 приведен один из вариантов генератора с независимой регулировкой частоты и скважности, работающего в диапазоне частот от 1 до 10 кГц. Сам генератор выполнен на элементе DD1.1 КМОП микрос-

хемы CD40106. Его частотные характеристики задаются RC-элементами: конденсатором C1 и совокупностью резисторов и потенциометров R1–R5. При помощи потенциометра R5 можно плавно менять частоту генерации. Резистор R4 ограничивает ее верхнее значение.

Цепочка R1–R3 подключена параллельно цепочке R4, R5, но не влияет на частоту генерации. С движка потенциометра R2 сигнал пилообразной формы, снимаемый с конден-

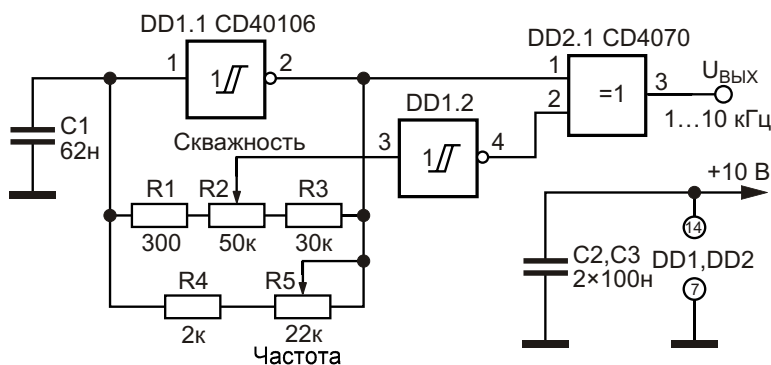


Рисунок 1. Генератор с независимой регулировкой частоты и скважности.

сатора С1, поступает на вход порогового элемента DD1.2, формируя регулируемый по длительности сигнал на его выходе. С выходов элементов DD1.1 и DD1.2 сигналы поступают на входы элемента «Исключающее ИЛИ» DD2.1 микросхемы CD4070 (или «Исключающее ИЛИ-НЕ») микросхемы CD4077. В итоге на выходе устройства коэффициент заполнения можно регулировать в пределах от 0 до 100% вне зависимости от

частоты. Пределы регулировки этого коэффициента задаются ограничивающими резисторами R1 (нижняя граница) и R3 (верхняя граница диапазона). **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4070B](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD4077B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD40106B](#)

Генератор с независимой регулировкой ширины и частоты биполярных импульсов



Михаил Шустов, г. Томск

Приведена несложная схема формирователя биполярных импульсов с возможностью отдельного и независимого регулирования их частоты и коэффициента заполнения.

Биполярные импульсы преимущественно используют для поочередного переключения транзисторов в мостовых и полумостовых преобразователях напряжения. Хорошо известно, что при работе таких преобразователей на повышенных частотах на надежности их работы начинают фатально сказываться инерционные процессы рассасывания неосновных носителей тока в базовых цепях силовых транзисторов. В итоге последовательно включенные транзисторы могут одновременно оказаться в токопроводящем состоянии, несмотря на отсутствие управляющего сигнала. В этой связи с высокой долей вероятности возможен выход из строя дорогостоя-

щих транзисторов за счет протекания через них неконтролируемого сквозного тока [1–3].

Для того чтобы снизить вероятность протекания сквозного тока между импульсами вводят паузу, длительность которой должна несколько превышать время рассасывания неосновных носителей тока.

Способ получения серии биполярных импульсов из последовательности однополярных с использованием генератора импульсов, D-триггера, схем антисовпадений и операционного усилителя, питаемого от источника двуполярного напряжения, был впервые описан в британской печати [4] и затем продублирован в отечественной [5].

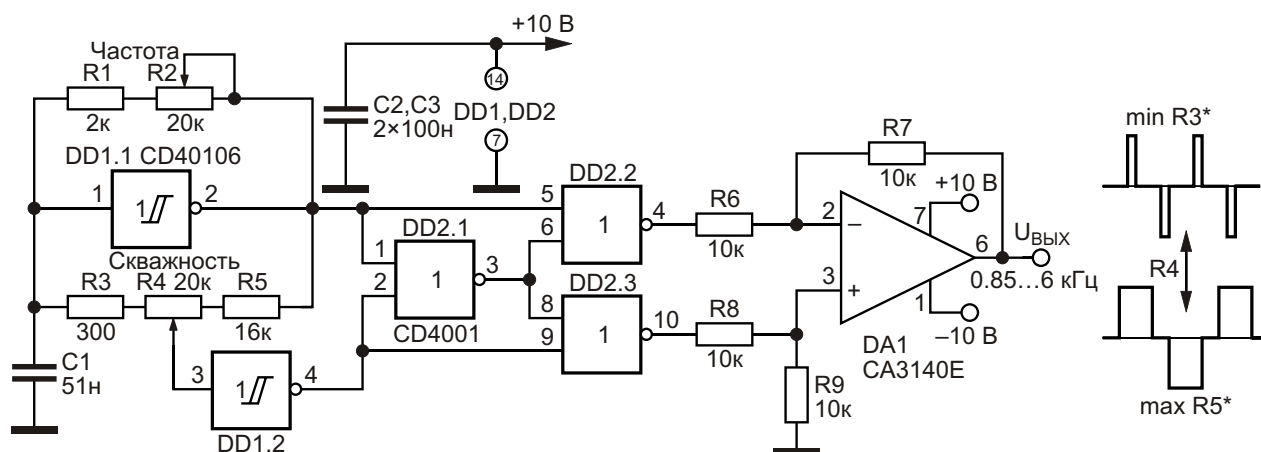


Рисунок 1. Генератор биполярных импульсов.

Устройство (Рисунок 1) наследует выходные каскады формирователей [4, 5] и отличается возможностью плавного и независимого регулирования частоты и ширины биполярных импульсов.

Задающий генератор выполнен на элементе DD1.1 КМОП микросхемы CD40106. Рабочая частота генератора определяется RC-цепями: емкостью конденсатора C1 и суммарным сопротивлением резисторов и потенциометров R1–R5. Эту частоту можно плавно регулировать при помощи потенциометра R2 в пределах от 850 до 6000 Гц. Частоту работы генератора можно рассчитать по выражению

$$f = \frac{R1 \ R2 \ R3 \ R4 \ R5}{1.72 (R1 \ R2) (R3 \ R4 \ R5) C},$$

где

f – в кГц,

R – в кОм,

C – в мкФ.

Резистивная цепочка R3–R5 подключена параллельно цепочке R1, R2. С движка потенциометра этой цепочки R4 снимается сигнал пилообразной формы, формируемый при заряде-разряде конденсатора C1. Этот сигнал, инвертированный элементом DD1.2 (триггер Шмитта, обладающий пороговым эффектом переключения), совместно с сигналом, снимаемым с выхода задающего генератора, поступает на элемент DD2.1

«ИЛИ» и на формирователь биполярных импульсов (элементы DD2.2, DD2.3, микросхема DA1), выполненный по ранее известной схеме [4, 5].

Регулировка потенциометра R4 позволяет в широких пределах, практически от 0 до 100%, менять ширину выходных биполярных импульсов, не влияя на частоту работы генератора. Резисторы R3, R5 предназначены для ограничения пределов регулировки ширины импульсов по минимуму и по максимуму их длительности. **РЛ**

Литература

1. Шустов М.А. Практическая схемотехника. Преобразователи напряжения. – М.: Altex-A, 2002. – Кн. 3. – 184 с.; М.: Додэка-XXI–Altex, 2007. – 192 с. (II изд.).
2. Шустов М.А. Основы силовой электроники. – СПб.: Наука и Техника, 2017. – 336 с.
3. Shustov M.A., Shustov A.M. Electronic Circuits for All. – London: Elektor International Media BV, 2017. – 397 p.
4. Rauniar K.N. Unipolar-to-bipolar pulse converter // Electronics World + Wireless World. – 1989. – № 11. – P. 1098.
5. Васильев В. Задающий генератор преобразователя напряжения // Радио. – 2006. – № 10. – С. 47.

Материалы по теме

1. [Datasheet Intersil CA3140](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD4001B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD40106B](#)

Двуполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой

Часть 2

Продолжение. Начало в номере 04-2018

Алексей Кузьминов, Москва

Принципиальные схемы

Схема стабилизатора напряжения +14 В (Рисунок 3) построена на основе схемы, показанной в нижней части Рисунка 2. Как видно из схемы Рисунок 3, в ней использован недо-

рогой сдвоенный ОУ MC34072 (DA1) в сверхминиатюрном корпусе (2.6×2.6 мм). В скобках указаны выводы такого же ОУ, но в корпусе DIP8 (MC33072P). ОУ DA1.2 включен совместно с мощным п-канальным полевым транзистором VT1 так же, как и в нижней

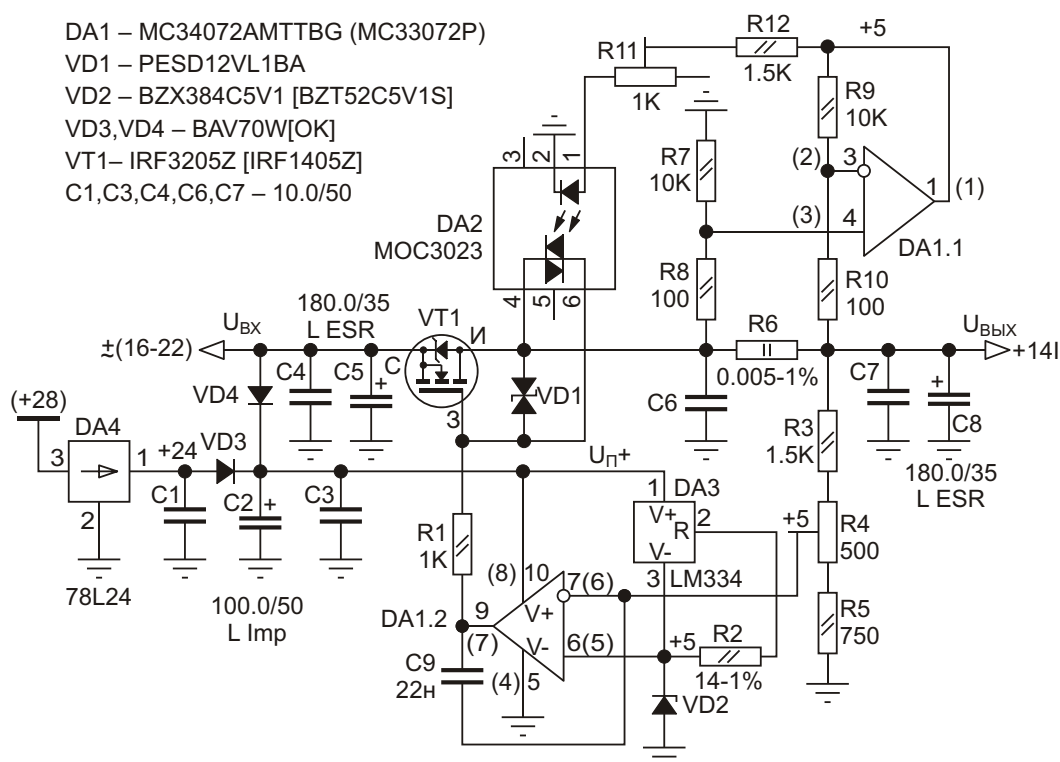


Рисунок 3. Принципиальная схема стабилизатора +14 В.

части упрощенной схемы Рисунок 2. Поскольку работа этой схемы уже объяснена выше, в подробном описании принципа действия этого стабилизатора, на взгляд автора, нет необходимости. Резистор R1 ограничивает выходной ток ОУ DA1.2, а конденсатор C9 предотвращает вероятность возникновения паразитной генерации, которая возможна при применении некоторых типов транзисторов. Супрессор VD1 защищает затвор VT1 от пробоя в момент включения питания. Конденсаторы C5 и C8 с низким значением эквивалентного последовательного сопротивления (Low Equivalent Serial Resistance – L ESR), установленные на входе и выходе стабилизатора, существенно снижают пульсации выходного напряжения, а конденсатор C2 с низким импедансом (Low Impedance – L Imp), имеющий улучшенные частотные свойства по сравнению с конденсаторами L ESR, с одной стороны снижает размах пульсации напряжения питания ОУ, с другой – обеспечивает плавность включения всего стабилизатора. Конденсатор C1 служит для штатной работы микросхемы стабилизатора DA4, а конденсаторы C3, C4, C6 и C7 – блокировочные. Делитель выходного напряжения R3, R4 и R5 работает аналогично R2 схемы Рисунок 2. Установка точного значения выходного напряжения производится подстроечным резистором R4.

Для получения образцового напряжения в районе +5 В используются стабилитрон VD2 (на 5.1 В) и источник стабильного тока на микросхеме DA3, между выводами V+ (вывод 1) и R (вывод 2) которой включен резистор R2, задающий стабильный ток порядка 5 мА. Хотя стабилитрон и источник стабильного тока порознь не отличаются высокостабильными выходными характеристиками (VD2 – стабильным напряжением, а DA3 – стабильным током), при их совместном включении коэффициент стабилизации может достигать 10000 [8], а реально измеренный автором коэффициент стабилизации образцового напряжения составил около 20000. Кроме того, в связи с примитивностью существа работы стабилитрона (основанной на чисто физическом принципе, и в нем нет никаких активных компонентов – транзисторов, ОУ и т.п.), он обладает ультранизким значением шума. Выводы микросхемы LM334Z (DA3) в корпусе ТО-92 имеют небольшое утолщение на расстоянии около 2 мм от корпуса, поэтому, если «откусить» центральный вывод (2)

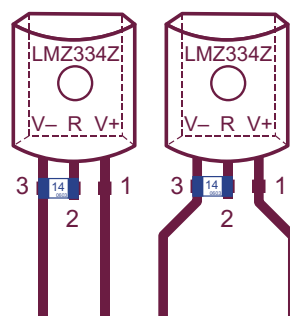


Рисунок 4. Распайка резистора 14 Ом размером 0603 на выводы LM334Z.

чуть дальше утолщений и припаять резистор для поверхностного монтажа размером 0603 номиналом 14 Ом непосредственно на утолщения выводов 3 и 2, можно получить двухвыводной стабилизатор тока 5 мА (Рисунок 4). В таком виде DA3 и используется на плате стабилизатора (см. далее).

Устройство защиты от превышения тока включает в себя токоизмерительный шунт R6 (номиналом 5 мОм, мощностью 2 Вт), классический дифференциальный усилитель (ДУ) на ОУ DA1.1 и четырех резисторах R7 – R10 [9], имеющий коэффициент усиления 100 ($R7/R8 = R9/R10 = 10 \text{ кОм}/100 \text{ Ом}$), оптронный симистор МОС3023 (DA2) и два резистора R11, R12, предназначенные для настройки порогового тока. Поскольку вход опорного напряжения ДУ заземлен (это верхний по схеме вывод R7), выходное напряжение ДУ изменяется относительно «земли» [9].

Работает устройство следующим образом. При токе 10 А падение напряжения на шунте R6 составляет 50 мВ ($5 \text{ мОм} \times 10 \text{ А}$). Это напряжение, усиленное ДУ в 100 раз (до +5 В), с выхода ДУ (вывод 1 DA1.1) через резисторы R11 и R12 подается на анод светодиода оптронного симистора (вывод 1 DA2), катод которого (вывод 2 DA2) заземлен. Поскольку пороговый ток, открывающий оптосимистор и протекающий через светодиод, составляет около 2.5 мА, сумма номиналов R11 и R12 составляет около 2 кОм ($5 \text{ В}/2.5 \text{ мА}$). Как видно из Рисунка 3, симистор (выводы 4 и 6 DA2) подключен между затвором и истоком VT1, поэтому при токе 10 А симистор включается и своими выводами «закорачивает» затвор с истоком транзистора VT1, отчего последний запирается и отключает всю силовую цепь, находящуюся справа по схеме от истока VT1. В связи с этим выходное напряжение стабилизатора падает почти до нуля (несколько мВ),

ток через шунт R6 прекращается, ток через светодиод пропадает, однако симистор, обладающий триггерным эффектом, остается включенным, пока через него протекает поддерживающий включенное состояние ток (через R1). В этом состоянии устройство может находиться сколь угодно долго, и единственным способом сбросить это состояние является выключение питания устройства и повторное его включение, причем, только после полного разряда сглаживающих электролитических конденсаторов, установленных после выпрямителя. Время разряда этих конденсаторов составляет несколько минут, поэтому для ускоренного разряда опционально можно предусмотреть их разряд через резистор номиналом 6–10 Ом и кнопку, расположенную, например, на задней стенке корпуса (см. далее Рисунок 11). Подобное устройство защиты показало надежную работу и высокую повторяемость своих свойств [3], поэтому и использовано в настоящей схеме.

Устройство защиты имеет особенности, которые необходимо учитывать. Во-первых, оно достаточно высокоскоростное. Время срабатывания защиты составляет единицы миллисекунд, что является очень важным свойством (здесь, как говорится, комментарии излишни). Во-вторых, защита достаточно

прецизионна: если, например, настроить пороговый ток защиты в 10 А, то при таком токе она и сработает. Это необходимо учитывать, если ИП подключается не только к активной нагрузке, но и к реактивной (а именно – к емкостной). При подключении ИП к мощному звуковому усилителю, например [2], в котором имеются конденсаторы достаточной емкости (сотни мкФ), в момент включения питания большой начальный ток их заряда может превысить установленный порог защиты (10 А). В результате сработает защита, усилитель не получит питания и, естественно, работать не будет. В этом случае порог защиты можно немного поднять, увеличив номинал подстроечного резистора R11 (Рисунок 3), то есть немного его подкрутить. Ведь ничего криминального не произойдет, если порог защиты будет не 10 А, а, например, 10.5 А или даже 11 А, поскольку основная цель устройства – скоростная защита ИП и подключаемого к нему прибора от достаточно больших токов, а особенно – от тока короткого замыкания. Здесь необходимо добавить, что по опыту автора для срабатывания защиты при токе 10 А сумма сопротивлений R11 + R12 должна быть в районе 1.9 кОм.

В схеме Рисунок 3 все постоянные резисторы (кроме R6) и керамический конденсатор C9 – для поверхностного монтажа, размером

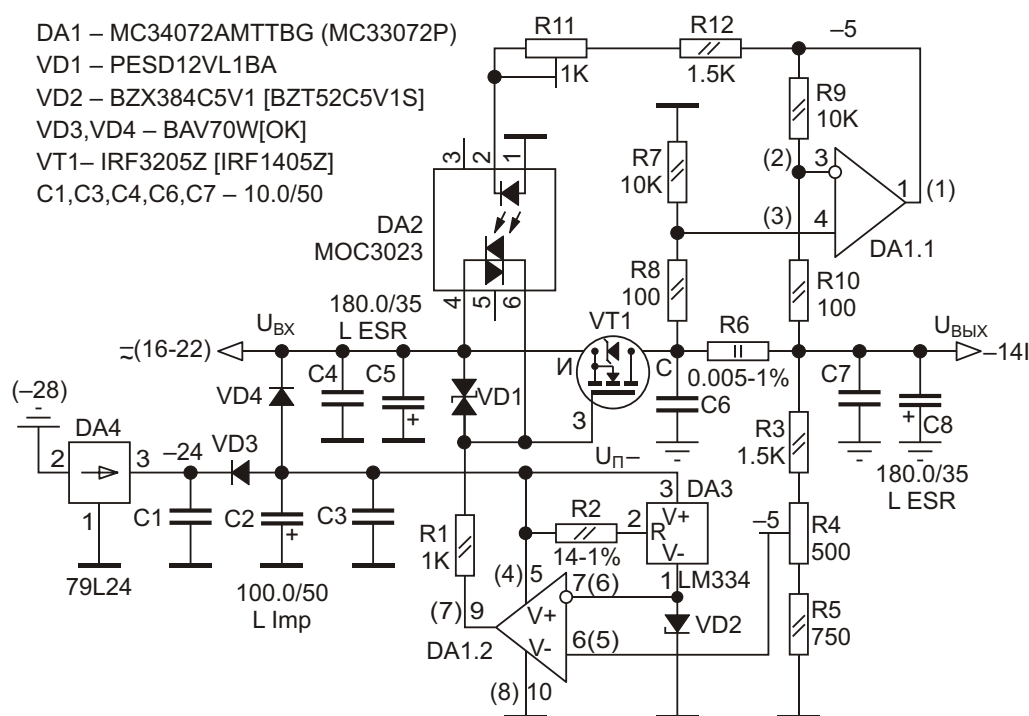


Рисунок 5. Принципиальная схема стабилизатора –14 В.

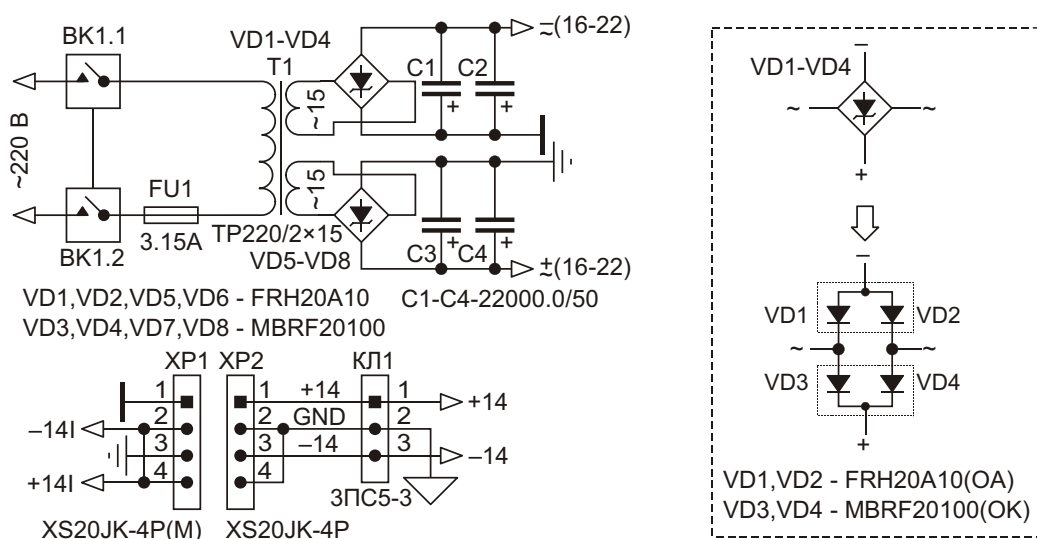


Рисунок 6. Принципиальная схема выпрямителя и выходного разъема.

0603. Керамические конденсаторы C1, C3, C4, C6, C7 – для поверхностного монтажа, размером 0805. Конденсаторы C5, C8 – электролитические (L ESR), размером 8×11 мм (d×h), C2 – электролитический (L Imp), размером 8×15 мм. Подстроечные резисторы R4, R11 – для поверхностного монтажа PVZ3A, размером 3.6×3.1 мм. Резистор R6 – для поверхностного монтажа, размером 2512. Корпуса VD1, VD2 – SOD323, оба диода VD3 и VD4 расположены в одном корпусе SOT323, DA2 – DIP6, DA3, DA4 – TO92, VT1 – TO-220, DA1 – микросхема MC34072 сдвоенного ОУ в корпусе WQFN10 размером 2.6×2.6 мм. Вместо нее в схеме можно использовать аналогичную микросхему MC33072 в корпусе DIP8 (на схеме ее выводы показаны в скобках).

Принципиальная схема стабилизатора –14 В (Рисунок 5) построена на основе схемы, показанной в верхней части Рисунка 2, принцип действия которой уже описан. В отличие от схемы Рисунок 3, в схеме Рисунок 5 изменена полярность включения электролитических конденсаторов, стабилитрона VD2, диодов VD3, VD4 (эти два диода BAW56W с общим анодом также расположены в корпусе SOT323). Выходное напряжение DA1.1 отрицательное (–5 В), поэтому оно подано через резисторы R11 и R12 на катод светодиода оптрона DA2 (вывод 2), анод которого (вывод 1) заземлен. В схеме использована микросхема стабилизатора отрицательного напряжения DA4 (на –24В в корпусе TO-92).

Трансформатор и выпрямительная схема показаны в верхней левой части Рисунка 6. В схеме использован тороидальный трансформатор мощностью 250 Вт с двумя отдельными вторичными обмотками. В качестве выпрямительных диодов автор использовал 8 диодов Шоттки MBRF2045 (с максимальным током 20 А на корпус и максимальным обратным напряжением 45 В). Такой прибор представляет собой два диода с общим катодом в одном полностью изолированном корпусе TO-220F. В схеме выпрямления аноды диодов объединены, то есть оба диода запараллелены. При токе 10 А при таком включении падение напряжения на приборе MBRF2045 составляет около 0.5 В, или 1 В в мостовом включении (как на Рисунке 6). Если скупость или лень не позволяют использовать 8 диодов MBRF2045, в качестве выпрямителя можно использовать 4 прибора: два – с двумя диодами с общим катодом (MBRF20100) и два с двумя диодами с общим анодом (FRH20A10) с максимальным током 10 А на каждый из сдвоенных диодов и обратным напряжением 100 В. Схема выпрямления показана в пунктирном прямоугольнике справа на Рисунке 6. Падение напряжения на каждом диоде при токе 10 А составляет около 0.75 В, или около 1.5 В в мостовом включении.

Выходы обоих стабилизаторов по схемам Рисунки 3 и 5 с их «землями» подключены к выходному 4-контактному разъему XS20JK-4P(M) (XP1) с максимальным током 25 А на контакт (схема соединения в нижней левой

части Рисунка 6). К этому разъему подключается 3-жильный кабель сечением каждой жилы 4 мм² (ПУГНП 3×4) длиной около 0.5 м с ответным разъемом XP2 (XS20JK-4P), который своим вторым концом может быть соединен с нагрузкой (например, УМЗЧ [2]). В этом случае такой кабель пропускается через уплотняющую втулку (см. далее Рисунок 11) и припаивается к 3-контктной клемме, например, ЗПС5-3.

Сдвоенный выключатель ВК1 подает сетевое напряжение с разъема, к которому подключается сетевая кабель ~220 В, на первичную обмотку трансформатора. Хотя стабилизаторы и оборудованы высокоскоростной токовой защитой, она не способна защитить трансформатор от короткого замыкания, если выйдут из строя выпрямительные диоды VD1 – VD8 или конденсаторы С1 – С4. Хотя вероятность этого чрезвычайно мала, на этот случай в схеме Рисунок 6 предусмотрен обычный плавкий предохранитель на 3.15 А (FU1).

Для индикации наличия выходных напряжений и перегрузки автор использовал два двухцветных красно-зеленых светодиода в прямоугольном корпусе с общим катодом L119SRSGWT-CC (LED1 – LED4, левая часть схемы Рисунок 7). Эти светодиоды недороги и их сравнительно легко приобрести.

Схема работает следующим образом.

Для индикации напряжения +14 В и перегрузки используется двухцветный светодиод LED3,4, который представляет собой два светодиода в одном корпусе: один – сверхъяркий красный, а второй – обычный зеленый. Для простоты входные напряжения стабилизаторов, обозначенные на Рисунках 3 и 5,

соответственно, как «+(16-22)» и «-(16-22)» со значком «~» под знаками «+» и «-», обозначены на схеме Рисунок 7, соответственно, как «+18» и «-18». При работе стабилизатора в штатном режиме присутствуют оба напряжения (+18 В и +14 В), поэтому горят оба светодиода. Общий цвет свечения LED3,4 в этом случае светло-оранжевый (или почти желтый). При перегрузке напряжение +14 В пропадает, зеленый светодиод гаснет, и общий цвет свечения становится красным. Номинал резисторов R3 и R4 подобран так, чтобы яркость зеленого и красного светодиодов была приблизительно одинаковой.

Для индикации напряжения -14 В и перегрузки используется такой же двухцветный светодиод LED1,2 и двухтранзисторная сборка UMD9N (T1, T2). При работе стабилизатора отрицательного напряжения в штатном режиме также присутствуют оба напряжения (-18 В и -14 В), в связи с чем транзистор T2 сборки открыт, а T1 закрыт, так как на его базе нулевой (и даже немного отрицательный) потенциал относительно эмиттера. В этом случае зеленый светодиод горит, а красный – нет, и общий цвет свечения двухцветного светодиода – зеленый. При перегрузке напряжение -14 В пропадает, транзистор T2 закрывается, открывая транзистор T1. В связи с этим зеленый светодиод гаснет, а красный загорается, и общий цвет свечения становится красным. Напряжение стабилитрона VD1 (7.5 В) и номиналы резисторов R1 и R2 подобраны таким образом, чтобы при изменении входного напряжения от -14 В до -18 В как в штатном режиме, так и в режиме перегрузки, горел только один из светодиодов (или зеленый, или красный). Если не устанавливать стабилитрон, то транзистор T1 сборки будет запи-

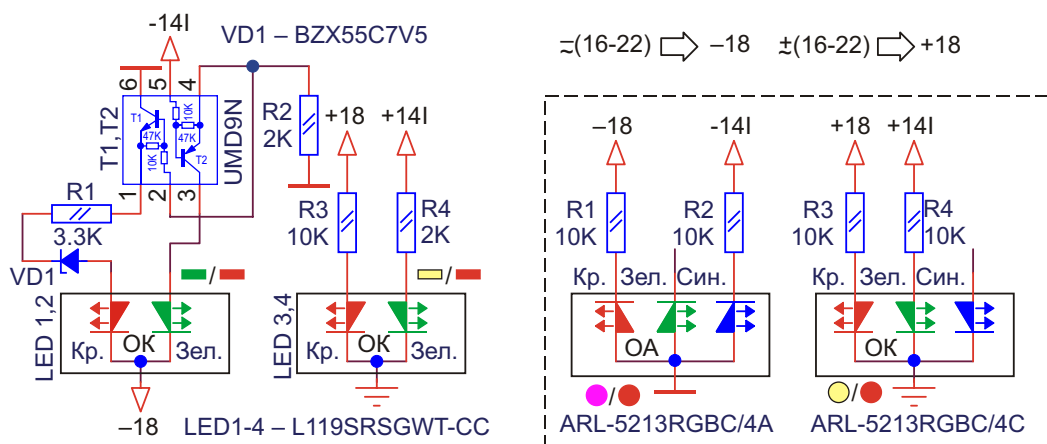


Рисунок 7. Принципиальная схема индикации выходных напряжений и перегрузки.

ратся не до конца, что приведет к появлению слабого свечения красного светодиода, искажению чисто зеленого цвета и сделает его почти неотличимым от свечения светодиода LED3,4. Установка стабилитрона поднимает напряжение эмиттера Т1 сборки на 7.5 В, что приводит к надежному запирающему транзистора Т1 при любом входном напряжении, и чистому зеленому свечению светодиода LED1,2 в штатном режиме работы стабилизатора.

Таким образом, при работе обоих стабилизаторов в штатном режиме цвет свечения светодиода, индицирующего напряжение –14 В, – зеленый, а цвет свечения светодиода, индицирующего напряжение +14 В, – желтый. При возникновении перегрузки по какому-либо напряжению цвет свечения соответствующего двухцветного светодиода становится красным.

В правой части схемы Рисунок 7 в пунктирном прямоугольнике показана схема индикации на основе трехцветных светодиодов (или полноцветных RGB-светодиодов), используемых в огромных уличных полноцветных панно, а также в панно, расположенных на стадионах и боковых стенках футбольных полей. Такие светодиоды, которые выпускаются в больших количествах, найти сравнительно просто, они недороги, легкодоступны и выпускаются и круглой, и прямоугольной формы, как с общим анодом, так и с общим катодом. Правда, в единичных количествах трехцветные светодиоды доступны только круглой формы. Схема индикации на таких светодиодах еще проще. При наличии обоих отрицательных напряжений (–18 В и –14 В, левая часть схемы в пунктирном прямоугольнике на Рисунке 7) горят оба светодиода (красный и синий), и общий цвет свечения светодиода, индицирующего отрицательное напряжение, – сиреневый. При перегрузке напряжение –14 В пропадает, синий светодиод гаснет, а красный продолжает гореть, и общий цвет светодиода становится красным. При наличии обоих положительных напряжений (+18 В и +14 В, правая часть схемы в пунктирном прямоугольнике) горят оба светодиода – красный и зеленый, и общий цвет свечения светодиода – желтый. При перегрузке напряжение +14 В пропадает, зеленый светодиод гаснет, и общий цвет свечения светодиода становится красным. Эти светодиоды достаточно яркие, поэтому сопротивления токоограничитель-

ных резисторов для них должны быть не менее 10 кОм. Кроме того, желательно использовать светодиоды с матовой линзой (ARL-5213RGB/4A и ARL-5213RGB/4C), так как если горят оба светодиода, то через нее виден только смешанный цвет (желтый или сиреневый), а свечения каждого светодиода в отдельности (как через прозрачную линзу) незаметно. **РЛ**

Литература

1. Кузьминов А. Усовершенствованные стабилизаторы напряжения с активным фильтром. – Радио, 2017, № 9, с. 18, 19.
2. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Часть 3. – Современная электроника, 2017, № 6, с. 74 – 80.
3. Кузьминов А. Стабилизаторы на ОУ и мощных полевых транзисторах с активным электронным фильтром и защитой от превышения тока. Часть 2. – Современная электроника, 2018, № 1, с. 58 – 62.
4. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. – Технологии в электронной промышленности, 2010, №8, с. 18 – 25; 2011, № 1, с. 9 – 13; № 2, с. 18 – 25.
5. Кузьминов А. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. – Радио, 2017, № 10, с. 24 – 28.
6. Орешкин В. Стабилизатор напряжения питания УМЗЧ. – Радио, 1987, № 8, с. 31.
7. Муравцев М. Стабилизированный блок питания УМЗЧ. – Радио, 2017, № 2, с. 25 – 27; № 3, с. 17–19.
8. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир. 1982.
9. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Мир. 1993.

Материалы по теме

1. [Datasheet Arlight ARL-521RGBW](#)
2. [Datasheet Diodes BAV70W](#)
3. [Datasheet Vishay BZX384](#)
4. [Datasheet Kingbright L119SRSGWT-CC](#)
5. [Datasheet Texas Instruments LM334](#)
6. [Datasheet Taiwan Semiconductor MBRF2045](#)
7. [Datasheet ON Semiconductor MOC3023](#)
8. [Datasheet Nexperia PESDxL1BA](#)
9. [Datasheet ROHM UMD9](#)

Окончание в следующем номере

Малозумящие усилители для фотодиодов большой и малой площади

Glen Brisebois, Analog Devices

Design Note 399

Введение

Фотодиоды можно разделить на две категории: фотодиоды большой площади с присущей им высокой емкостью (от 30 пФ до 3000 пФ) и фотодиоды меньшей площади с относительно низкой емкостью (10 пФ и меньше). Для преобразования тока фотодиода в напряжение с оптимальным отношением сигнал/шум обычно используется трансимпедансный усилитель, состоящий из инвертирующего операционного усилителя (ОУ) с резистором обратной связи. При проектировании малозумящих усилителей для фотодиодов большой площади первостепенное внимание надо обращать на снижение входных шумов напряжения ОУ, в то время как фотодиоды с небольшой площадью чувствительного элемента требуют уделять больше внимания входным токовым шумам ОУ и паразитным емкостям.

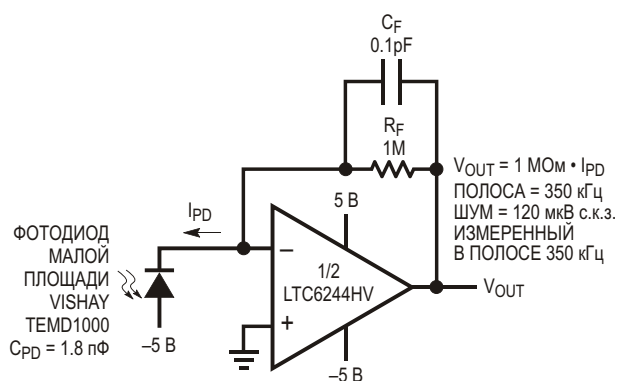


Рисунок 1. Трансимпедансный усилитель для фотодиода с малой площадью кристалла.

Усилители для фотодиодов малой площади

Фотодиоды малой площади имеют очень низкую емкость, типичное значение которой не превышает 10 пФ, а в некоторых случаях даже бывает меньше 1 пФ. Низкая емкость делает их более адекватными источниками тока на повышенных частотах, чем фотодиоды большой площади. Одной из проблем проектирования усилителей фотодиодов малой площади является обеспечение низкой входной емкости, чтобы шумы напряжения были минимальными, и преобладали токовые шумы.

На Рисунке 1 изображена простая схема усилителя для фотодиода малой площади, в которой используется микросхема LTC6244. Входная емкость усилителя состоит из дифференциальной и синфазной составляющих, сумма которых равна приблизительно 6 пФ. Емкость небольшого фотодиода равна 1.8 пФ, так что в схеме доминирует входная емкость усилителя. Маленький конденсатор обратной связи является реальным компонентом (серия Асси-F компании AVX), однако из-за параллельной емкости выводов ОУ реальная общая емкость обратной связи, вероятно, составляет около 0.4 пФ. Это важно, поскольку емкость конденсатора обратной связи обеспечивает устойчивость схемы и определяет ее полосу пропускания. Конкретная конструкция, показанная на схеме, имеет полосу пропускания 350 кГц при уровне выходного шума 120 мкВ с.к.з., измеренном в этой полосе частот.

Усилители для фотодиодов большой площади

На Рисунке 2а представлен простой усилитель для фотодиода большой площади. Емкость фотодиода равна 3650 пФ (номинальное значение 3000 пФ) и существенно влияет на шумовые характеристики схемы. Например, на частоте 10 кГц такой емкости фотодиода соответствует импеданс 4.36 кОм, а значит шумовое усиление схемы ОУ с резистором обратной связи 1 МОм на этой частоте равно

$$NG = 1 \cdot \frac{1 \text{ МОм}}{4.36 \text{ кОм}} = 230.$$

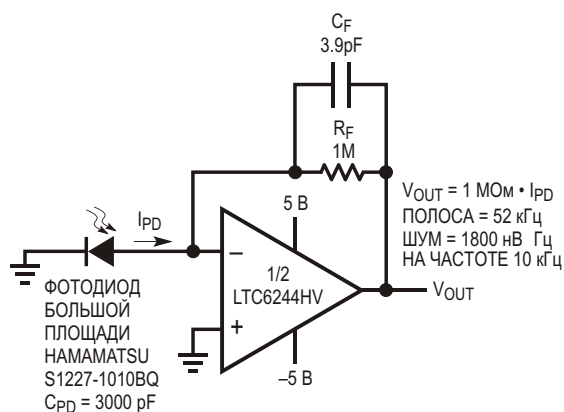


Рисунок 2а. Трансимпедансный усилитель для фотодиода с большой площадью кристалла.

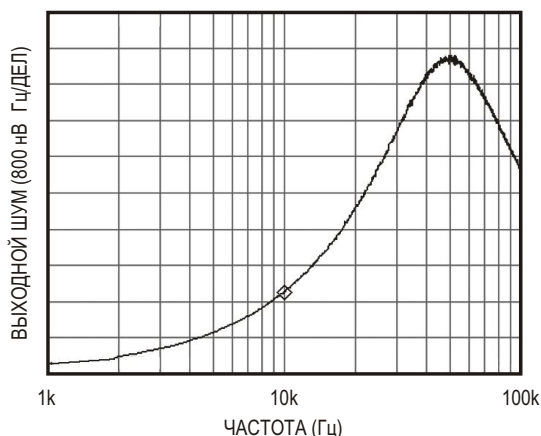


Рисунок 2б. Спектральная плотность выходного шума схемы Рисунок 2а. Почти весь выходной шум 1800 нВ/Гц на частоте 10 кГц обусловлен вкладом шумового напряжения 7.8 нВ микросхемы LTC6244 и большим усилением шума резистора обратной связи 1 МОм, «смотрящего» на большую емкость фотодиода.

Поэтому входное напряжение шумов микросхемы LTC6244 приходит на выход как

$$NG \times 7.8 \text{ нВ/Гц} = 1800 \text{ нВ/Гц},$$

что хорошо видно из спектра выходного шума, показанного на Рисунке 2б. Обратите внимание, что мы еще не учитывали ни токовый шум операционного усилителя, ни шум 130 нВ/Гц резистора обратной связи, однако очевидно, что по сравнению с шумами напряжения ОУ и усилением шумов их вклад пренебрежимо мал. Для справки, смещение выхода этой схемы по постоянному току составляет примерно 100 мкВ, полоса пропускания 52 кГц, а суммарный шум, измеренный в полосе 100 кГц, равнялся 1.7 мкВ с.к.з.

Усовершенствованный вариант этой схемы показан на Рисунке 3а, где большая емкость диода нейтрализуется полевым транзистором с эквивалентным входным напряжением шумов 1 нВ/Гц. Напряжение сток-затвор (V_{GS}) этого полевого транзистора с обедненным каналом равно -0.5 В , так что благодаря сопротивлению R_{BIAS} он работает при токе стока всего 1 мА. В представленной схеме обратное напряжение смещения фотодиода равно напряжению V_{GS} , в результате чего емкость диода будет чуть меньше, чем в предыдущем случае (измеренное значение 2640 пФ), однако самый значимый эффект дает динамическая нейтрализация. Частотная зависимость выходного шума схемы представлена на Рисунке 3б. Напряжение шума на частоте 10 кГц теперь равно 220 нВ/Гц, а на низких частотах проявляется порог тепловых шумов 130 нВ/Гц резистора обратной связи 1 МОм. Это объясняется тем, что шум 7.8 нВ/Гц операционного усилителя был эффективно заменен шумом 1 нВ/Гц поле-

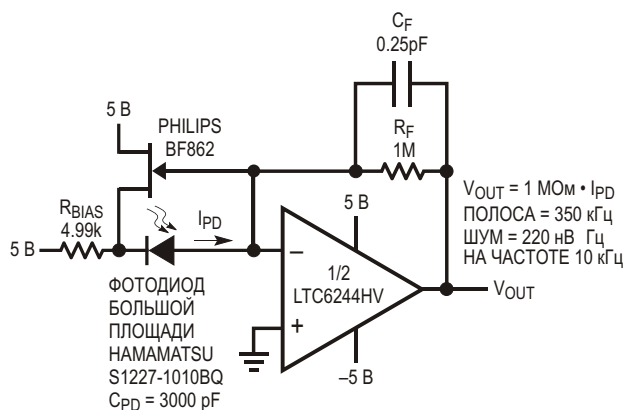


Рисунок 3а. Нейтрализация емкости фотодиода большой площади.

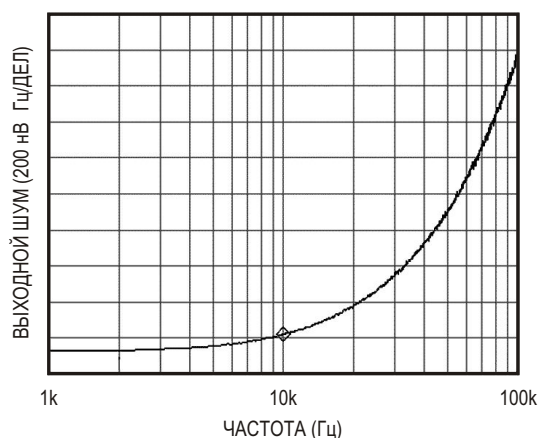


Рисунок 36. Спектральная плотность выходного шума схемы Рисунок 3а. Простая цепь с полевым транзистором значительно улучшает шумы и полосу пропускания. Плотность шума на частоте 10 кГц теперь равна 220 нВ/ Гц – примерно в 8.2 раза меньше. В основном, это объясняется тем, что шум ОУ 7.8 нВ/ Гц был эффективно заменен шумом полевого транзистора 1 нВ/ Гц.

вого транзистора, поскольку резистор обратной связи 1 МОм теперь не «оглядывается» на большую емкость фотодиода. Вместо этого он смотрит на емкость затвора полевого транзистора, входную емкость ОУ и некоторые паразитные емкости, в сумме составляющие примерно 10 пФ. А большая емкость фотодиода теперь оказывается включенной

между затвором и истоком малошумящего полевого транзистора. Выполнив несложные вычисления, как и раньше, на частоте 10 кГц, получим, что импеданс емкости фотодиода равен 6 кОм, поэтому шум полевого транзистора 1 нВ/ Гц создает шумовой ток $1 \text{ нВ}/6 \text{ кОм} = 167 \text{ фА}/ \text{ Гц}$. Этот шумовой ток неизбежно протекает через резистор обратной связи 1 МОм и проявляется на выходе как 167 нВ/ Гц. Добавление 130 нВ/ Гц резистора (среднеквадратичное значение) дает общую расчетную величину шума 210 нВ/ Гц, хорошо согласуясь с экспериментальными результатами на Рисунке 3б.

Что еще значительно улучшилось в схеме – это полоса пропускания, которая теперь превышает 350 кГц, так как нейтрализация дала возможность уменьшить емкость конденсатора частотной коррекции. Заметьте, что цепь ослабления шума никак не влияет на точность усилителя по постоянному току, если не считать нескольких пикоампер тока затвора. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LTC6244](#)
2. [Datasheet Vishay TEMD1000](#)
3. [Datasheet Hamamatsu S1227](#)
4. [Datasheet NXP BF862](#)

Измеритель ИНДУКТИВНОСТИ на микроконтроллере PIC16F1936

Lukas Fässler

soldernerd.com

На портале РадиоЛоцман публиковалась статья [1] с описанием простой конструкции цифрового прибора для измерения индуктивности, в основе которого была плата Arduino Uno. Этот вариант прибора, по отзывам пользователей, хорошо зарекомендовал себя в работе, но для повседневного использования, возможно, вы хотели бы иметь, нечто похожее на мультиметр. Поэтому было решено разработать новую версию прибора, которая питается от 9-вольтовой батареи и помещена в пластиковый корпус, напечатанный на 3D принтере (Рисунок 1).

В статье мы рассмотрим конструкцию автономного измерителя индуктивности. Принцип измерения индуктивности остался прежним. Все проектные файлы доступны для скачивания в разделе загрузок.

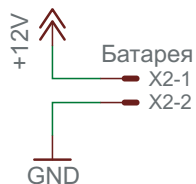
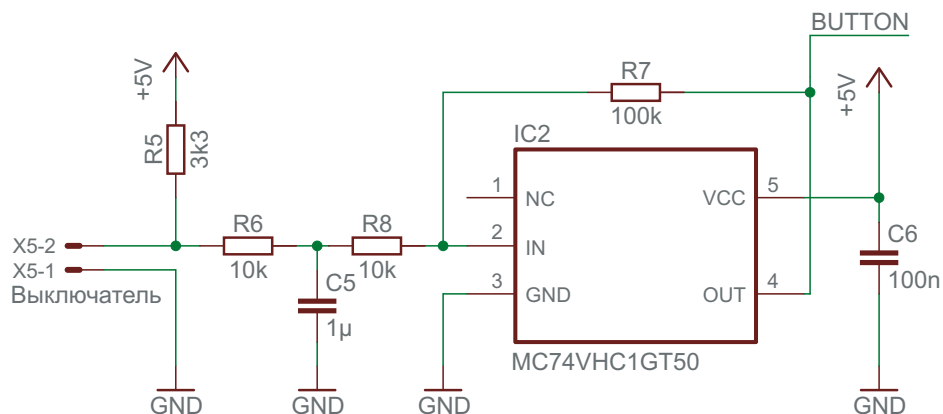
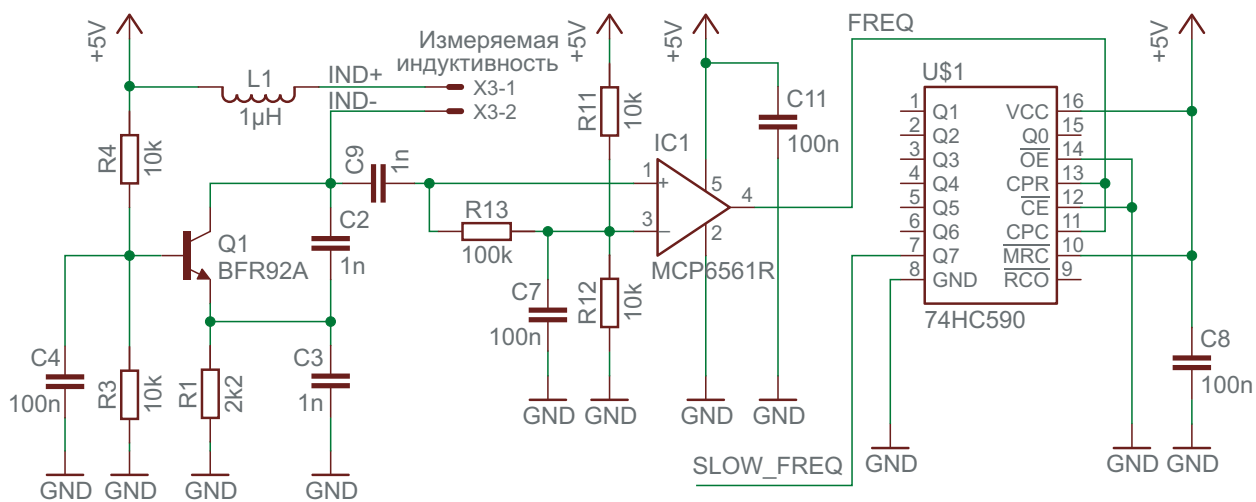


Рисунок 1. Измеритель индуктивности на микроконтроллере PIC.

Прибор выполнен на микроконтроллере (МК) Microchip PIC16F1936. Этот выбор не связан с какими-то особенностями данной модели, просто такие МК остались у автора от прошлых проектов. Была даже мысль использовать ATmega328 – тот самый МК, который установлен на плате Arduino Uno. Но для измерения частоты и управления ЖК-индикатором ATmega328 слишком избыточен. Кроме того, он несколько дороже микроконтроллера PIC. Поэтому, несмотря на то, что переход к совершенно другому МК означает написание программного кода с нуля, было принято решение использовать PIC16F1936.

Принципиальная схема измерителя индуктивности изображена на Рисунке 2. Как видите, входная часть прибора (LC-генератор, преобразователь синусоидального сигнала в прямоугольный, делитель частоты), а также схема управления, включая цепь подавления дребезга контактов кнопки, идентичны версии измерителя на Arduino, поэтому для понимания работы схемы и ее характеристик рекомендуется обратиться к статье [1]. Что касается питания, то в схему варианта на МК PIC введен дополнительный регулятор напряжения 5 В серии LM2931-5.0. Выходной сигнал SLOW_FREQ с делителя частоты поступает для обработки непосредственно в микроконтроллер (порт RB0).

Теперь о ЖК-индикаторе. В данном случае применен Midas MCCOG21605B6W-BNMLW



микроконтроллере PIC16F1936.

– достаточно компактный символьный ЖК-индикатор, синий с белой подсветкой, имеющий две строки по 16 символов. Он управляется по интерфейсу I²C (порты МК RC3, RC4), но еще дополнительно используется вход сброса RST (порт RC2).

С точки зрения высокоуровневого программирования, программный код очень похож на скетч для версии прибора на Arduino. Но если взглянуть поближе, вы увидите несколько отличий, связанных с изменением аппаратной части:

- Используется совершенно другой МК: PIC16F1936 вместо Atmega328.
- Код написан на Си в компиляторе mikroC для микроконтроллеров PIC компании mikroElektronika, а не в стиле Arduino Си++.
- Дисплей, используемый в этой версии прибора, имеет интерфейс I²C, а не обычный параллельный интерфейс контроллера Hitachi.

При написании кода, как и ожидалось, много времени ушло на реализацию управления ЖК индикатором, а точнее, его контроллером. Похоже, что интерфейс I²C реализован в нем как надстройка для основного Hitachi-совместимого контроллера. Сама по себе такая концепция была бы неплоха, если бы не одно «но» – техническое описание дисплея. И если бы не предыдущий опыт работы с другими графическими дисплеями Midas, совместимыми с Hitachi, автору пришлось бы отказаться от его использования в устройстве. Вот примеры недостатков технического

описания, из-за которых возникли проблемы при написании части кода для управления ЖК-индикатором:

- В документе нет нумерации страниц. Да, это незначительный недостаток, но вы когда-нибудь видели техническое описание с пронумерованными страницами?
- Имеется вход сброса. Аналогично многим сигналам сброса различных контроллеров, активный уровень сигнала низкий. В техническом описании об этом не сказано ничего.
- Очень подробно рассмотрены некоторые функции контроллера Hitachi, но ни слова о том, что эти функции недоступны через интерфейс I²C.
- Как и всем дисплеями с контроллерами, совместимыми с Hitachi, ЖК-индикатору Midas требуется время на запуск и инициализацию. В противном случае вы просто не сможете с ним работать. Но прочитать об этом, опять же, вы не сможете.

Но, в конце концов, все заработало прекрасно. Для этого измерителя у МК более чем достаточно ОЗУ, Flash-памяти и вычислительной мощности, поэтому не стоит ожидать, что код будет каким-либо образом оптимизирован. Этого просто не нужно. Большую часть математических операций он выполняет с плавающей точкой, что «раздувает» размер скомпилированного кода и очень тормозит его выполнение, но для нашей задачи этого вполне хватает и оставляет неиспользуемым порядка половины доступного объема Flash и ОЗУ.



Рисунок 3. Корпус измерителя индуктивности.

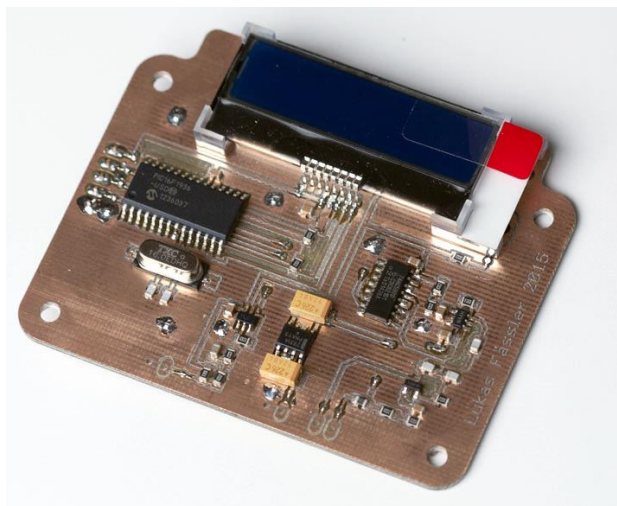


Рисунок 4. Внешний вид печатной платы измерителя индуктивности с установленными компонентами.

Корпус прибора был спроектирован в среде FreeCAD (Рисунок 3). Это, как следует из названия, бесплатный инструмент с открытым кодом, простой и понятный в изучении.

Двусторонняя печатная плата проектировалась в Eagle под микроконтроллер в корпусе SOIC (Рисунок 4). Проектные файлы также доступны для загрузки. **РЛ**

Ссылки

1. [Измеритель индуктивности на Arduino](#)

Материалы по теме

1. [Datasheet Microchip PIC16F1936](#)
2. [Datasheet Microchip Atmega328](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor MC74VHC1GT50](#)
4. [Datasheet Texas Instruments LM2931AM](#)
5. [Datasheet Microchip MCP6561R](#)
6. [Datasheet Midas MCCOG21605B6W-BNMLW](#)

Загрузки

[Принципиальная схема \(Eagle, PDF\)](#), [проект печатной платы \(Eagle, PDF\)](#), [библиотека элементов для FreeCAD](#), [Gerber-файлы для производства печатной платы](#), [исходный код и прошивка](#)



Точный биполярный источник опорного напряжения

Marián Štofka

EDN

В конструкциях генераторов часто используются компараторы напряжения с точными значениями порогов, а компараторам, в свою очередь, нужны биполярные источники опорного напряжения. У большинства микросхем опорных источников выходное напряжение привязано к их нижней шине питания. Если схеме нужны напряжения обеих полярностей, источник

отрицательного опорного напряжения можно сделать, подключив к выходу микросхемы опорного источника инвертор с усилением -1 . Однако если аналоговая схема питается от однополярного источника, синфазное напряжение необходимо сместить на определенный уровень. Для этой цели можно использовать схему, показанную на Рисунке 1.

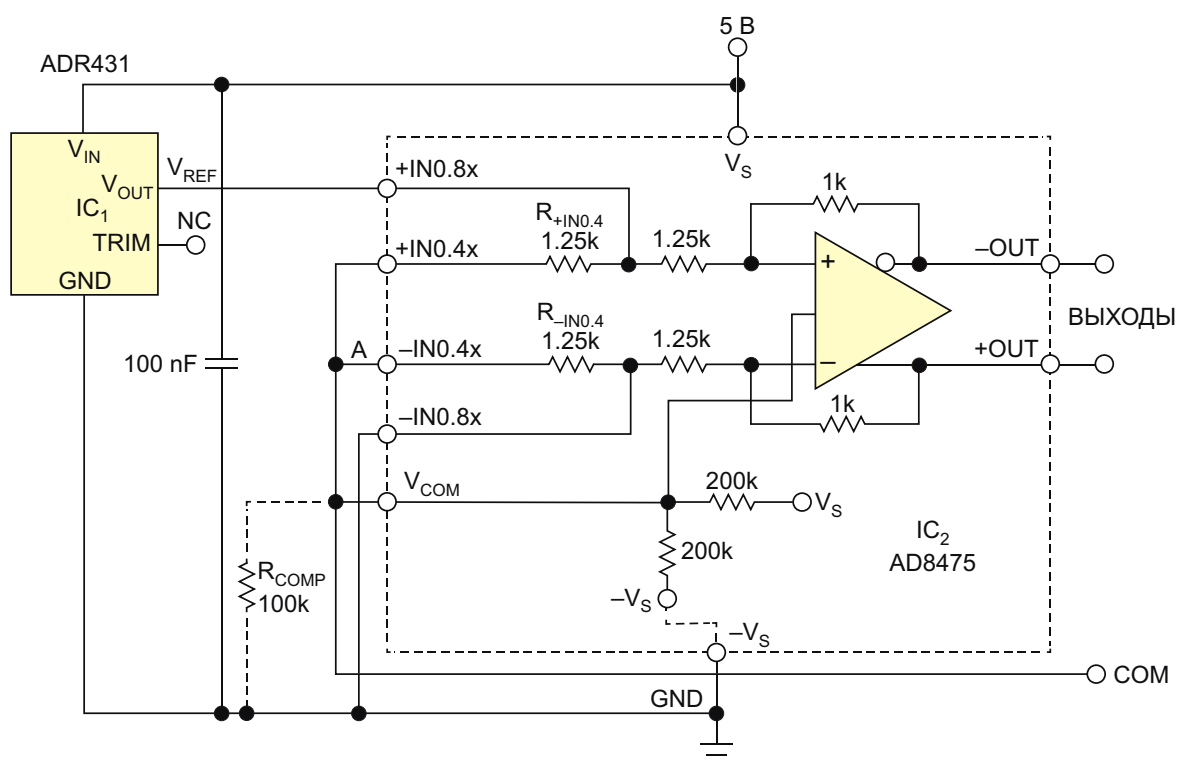


Рисунок 1. С помощью этой схемы можно получить точные опорные напряжения 1, -1, 1.25 и -1.25 В.

Таблица 1. Выходные напряжения и напряжение на выводе V_{COM}

	Случай А	Случай В	Случай С
Напряжение на положительном выходе (В)	2.2525	0.9981	0.9986
Напряжение на отрицательном выходе (В)	0.2525	-1.0019	-1.0011
Напряжение земли (В)	-1.25	-1.2579	-1.2496
Синфазное напряжение на выводе V_{COM} (В)	1.239	0	0

Выход источника IC_1 опорного напряжения V_{REF} подключен к неинвертирующему входу микросхемы IC_2 (AD8475). Эта микросхема представляет собой прецизионный усилитель-аттенуатор с дифференциальным выходом двумя выбираемыми коэффициентами усиления: 0.4 и 0.8. В данной схеме IC_2 включена как усилитель с коэффициентом усиления 0.8. Инвертирующий вход IC_2 ($-IN$) заземлен. Напряжения на его положительном и отрицательном выходах формируют опорные напряжения, привязанные к синфазному напряжению V_{COM} . Величины опорных напряжений равны

$$\frac{1}{2} \cdot 0.8 \cdot V_{REF} = 1 \text{ В.}$$

Коэффициенты усиления 0.4 и 0.8 микросхемы AD8475, благодаря лазерной подгонке внутренних резисторов обратной связи, имеют ошибку не более 0.05%. Именно по этой причине для источника опорного напряжения была выбрана эта микросхема. В типичной схеме включения устройства с коэффициентом усиления 0.8 выводы $+V_{IN0.4x}$ и $-V_{IN0.4x}$ оставляют неподключенными. Однако в схеме на Рисунке 1 эти входы соединены друг с другом, образуя прецизионный делитель 1:1 напряжения V_{REF} .

К этому узлу подключается вход V_{COM} микросхемы AD8475, и синфазная составляющая опорных напряжений становится равной $V_{REF}/2$. Случай А в Таблице 1 показывает, что

измеренное синфазное напряжение приблизительно на 0.6% ниже, чем $V_{REF}/2$. Это отличие связано с тем, что внутри микросхемы AD8475 вход V_{COM} через один резистор 200 кОм соединен с выводом V_S , а через другой резистор 200 кОм – с землей. Поэтому вход V_{COM} можно представить как источник напряжения $V_S/2 = 2.5 \text{ В}$ с последовательным сопротивлением 100 кОм. Это последовательное сопротивление оказывается включенным параллельно резистору $R_{+VIN0.4x}$, что приводит к некоторому дисбалансу коэффициента деления 1:1. В случаях В и С вывод V_{COM} подключен к точке А. Компенсационный резистор R_{COMP} подключается только в случае С. В случаях В и С, глядя на значения V_{GND} , можно увидеть, что R_{COMP} уменьшает относительную ошибку напряжения на выходе COM с 0.632% до -0.032%.

Во многих приложениях важна только величина разности биполярных опорных напряжений, и этот дисбаланс на нее не влияет. Но если приложению требуется высокоточное синфазное напряжение, между выводом V_{COM} и землей можно включить компенсационный резистор 100 кОм, и тогда работа схемы будет соответствовать случаю С. Этот резистор почти полностью сохраняет точность коэффициента деления 1:1. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD8475](#)
2. [Datasheet Analog Devices ADR431](#)

Низковольтный импульсный регулятор стабилизирует высокое напряжение

Gheorghe Plasoianu

EDN

При проектировании высоковольтных стабилизаторов могут возникать трудности, связанные с воздействием на компоненты высоких напряжений, а также с их надежностью и стоимостью.

Предлагаемое в этой статье решение основано на простом нерегулируемом высоковольтном источнике питания, включенном последовательно с низковольтным импульсным преобразователем (Рисунок 1).

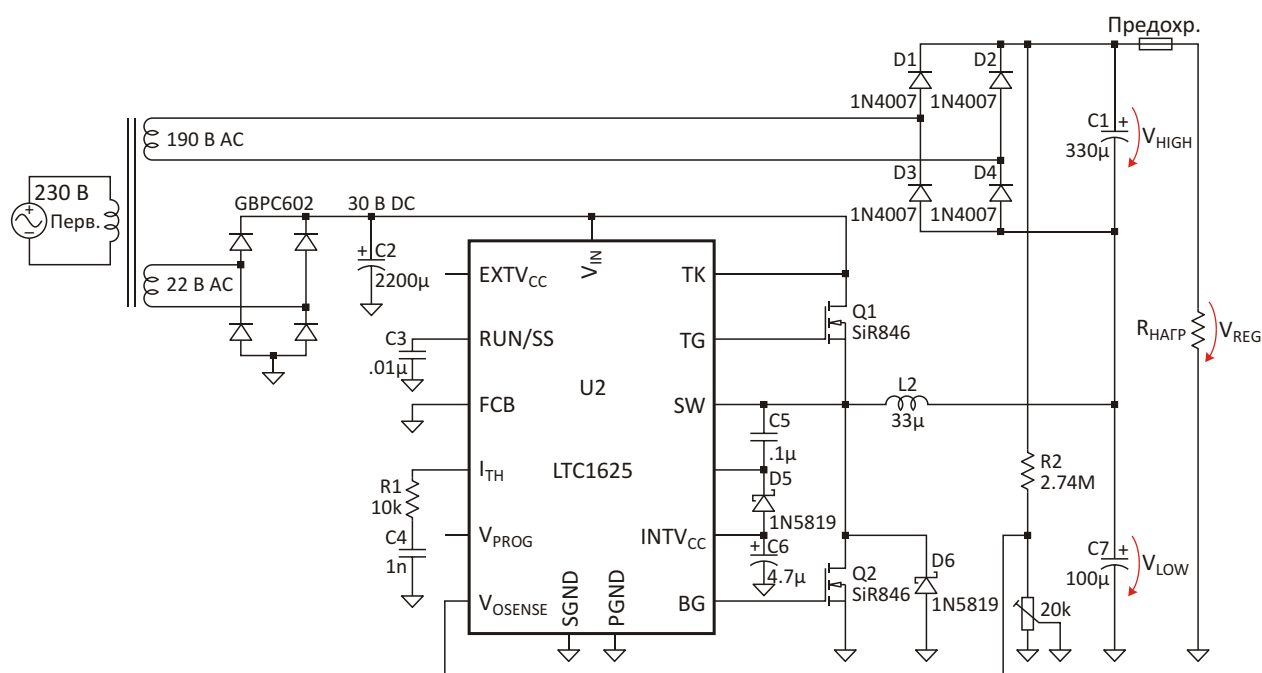


Рисунок 1. LTC1625 стабилизирует напряжение на комбинированном высоковольтном выходе.

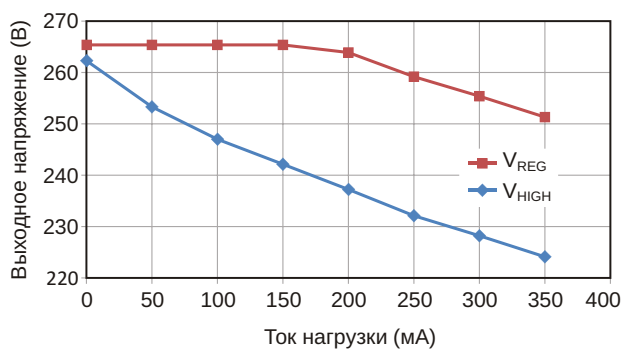


Рисунок 2. Зависимость V_{REG} и V_{HIGH} от тока нагрузки.

Сумма напряжений V_{HIGH} и V_{LOW} подается на вход обратной связи V_{OSENSE} .

При минимальной нагрузке, когда V_{HIGH} максимально, выходное напряжение импульсного регулятора мало. По мере увеличения нагрузки и снижения V_{HIGH} , импульсный

регулятор повышает напряжение на своем выходе, а также компенсирует пульсации.

D6 и предохранитель обеспечивают некоторую защиту от коротких замыканий и могут быть подобраны в соответствии с вашим приложением. Без этих элементов в случае короткого замыкания нагрузки разряд конденсатор C1 через выход импульсного регулятора с высокой вероятностью приводил бы к его выходу из строя.

При токе приблизительно 200 мА выходное напряжение импульсного регулятора достигает своего верхнего предела, и схема выходит из режима стабилизации (Рисунок 2). **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LTC1625](#)
2. [Datasheet Vishay GBPC6](#)
3. [Datasheet Vishay SiR846DP](#)

Предделитель частоты 10 ГГц для 100-мегагерцового частотомера

Wayne Ryder

Electronic Design

Описанный здесь предварительный делитель подключается к входу 100-мегагерцового частотомера для расширения его диапазона измерений до 10 ГГц. Изготовление такой схемы для измерения частот свыше 100 МГц обойдется намного дешевле, чем покупка частотомера с верхним пределом 1 ГГц или 10 ГГц. При создании дешевого предварительного делителя пришлось пойти на некоторые компромиссы и нарушить некото-

рые правила (о которых подробнее будет сказано ниже).

При использовании этого или любого аналогичного предделителя будут потеряны две младших значащих цифры. Если измеряемая частота равна 9,123,456,789 Гц, то на дисплее будет отображаться 9,123,456,7хх Гц. Учитывая значения измеряемых частот, отсутствие индикации двух младших цифр не будет проблемой.

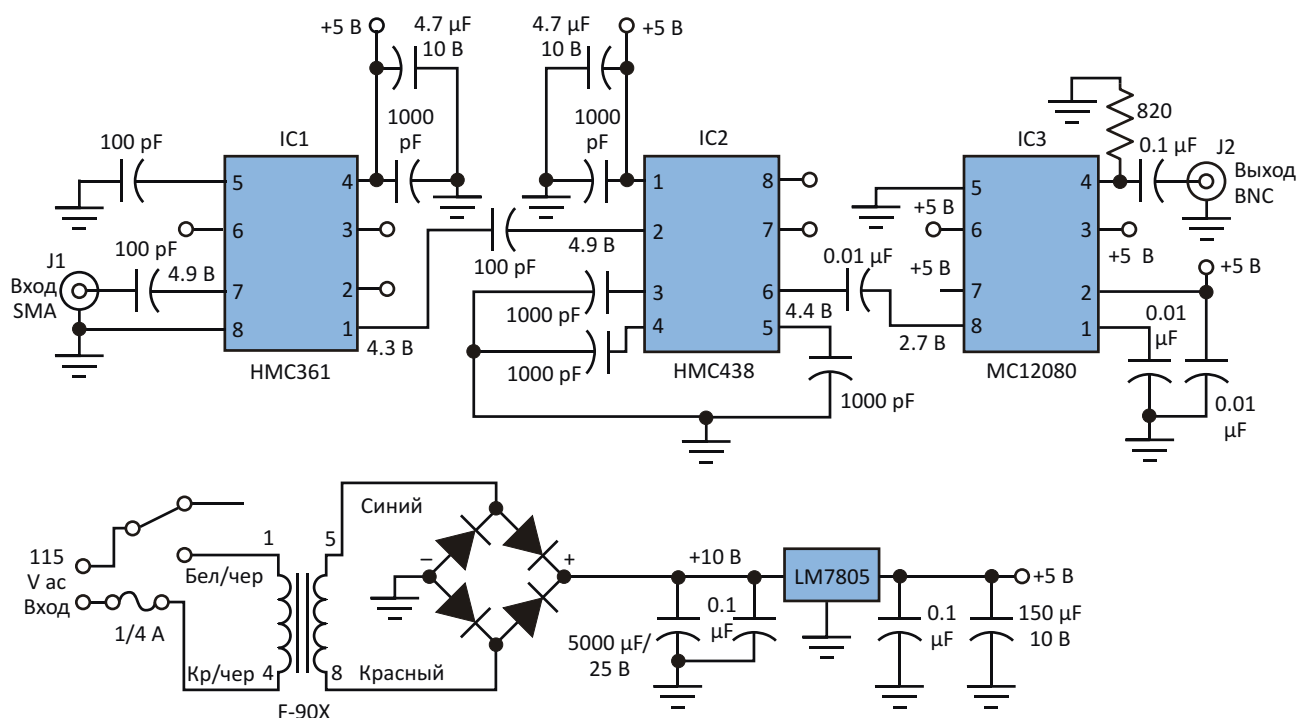


Рисунок 1. Ценой нескольких приемлемых компромиссов эта недорогая схема предделителя позволяет 100-мегагерцовому частотомеру измерять частоты сигналов до 10 ГГц. Схема источника питания показана отдельно в нижней части рисунка.

Вторым источником ошибок является сам частотомер. Его точность должна быть проверена. Для этого можно подключить к частотомеру выход 100-мегагерцового генератора, выбрав время измерения одна или 10 секунд. Задающий генератор частотомера следует также откалибровать, используя сигналы службы точного времени WWV или аналогичные источники.

Частота входного сигнала последовательно понижается (Рисунок 1) 10-гигагерцовым статическим делителем на 2 (IC1), 7-гигагерцовым делителем на 5 (IC2) и делителем на 10 (IC3, верхняя частота 1 ГГц). Все элементы устройства размещены в литом алюминиевом корпусе размером 190 мм × 120 мм × 50 мм (глубина). Электронные компоненты смонтированы на двухсторонней печатной плате толщиной 1.57 мм с размерами 175 мм × 50 мм. Размеры корпуса и платы не критичны.

Входной разъем J1 был припаян к обеим сторонам печатной платы. Это обеспечивает надежность механического крепления входного конденсатора и микросхемы IC1. С этой же целью диаметр отверстия в корпусе прибора для разъема J1 был сделан лишь слегка большим, чем диаметр самого разъема. Под гайку разъема SMA вокруг отверстия было выфрезеровано углубление. Защитные диоды к разъему J1 не подключались ввиду их влияния на чувствительность схемы. Теплоотводящая площадка на нижней стороне IC1 не заземлялась, хотя этого требовала инструкция по монтажу.

Ввиду малого шага выводов IC2 (0.65 мм), для ее монтажа у изготовителя микросхемы была приобретена оценочная плата. Весь набор микросхем стоил \$26, а оценочная плата – \$164. Для предделителя, который не предполагается использовать на частотах выше 1.3 ГГц, можно рассмотреть вариант с единственной микросхемой IC3. Хотя, согласно справочным данным, верхняя рабочая частота IC3 равна 1 ГГц, она хорошо работает и на частоте 1.3 ГГц.

Таблица 1. Чувствительность предварительного делителя

Частота (МГц)	Чувствительность (дБм)
200	0 ... +10
400	–5 ... +10
800	–9 ... +10
1000	–10 ... +10
2000	–10 ... +10
3000	–10 ... +9
4000	–10 ... +5
5000	–10 ... +7
6000	–10 ... +10
7000	–10 ... +10
8000	–10 ... +10
9000	–10 ... +10
10,000	–10 ... +10

**Входной уровень никогда не должен превышать +10 дБм*

Ток, потребляемый предделителем от источника питания, составляет примерно 170 мА. Перед тем, как подключать электронику схемы, убедитесь, что напряжение на входе микросхемы 7805 находится в диапазоне от 8 до 15 В, а выходное напряжение равно +5 В. Все конденсаторы с емкостью от 0.1 мкФ и ниже имеют корпуса для поверхностного монтажа.

Предделитель имеет ряд ограничений. Нижняя частота входного сигнала равна 200 МГц. В отсутствие сигнала на входе микросхема IC3 самовозбуждается. Динамический диапазон устройства несколько ограничен (см. Таблицу 1). Последнее, вероятно, связано с внутренней конструкцией самой микросхемы.

Предделитель работает уже более года, помогая решать множество задач. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices HMC361](#)
2. [Datasheet Analog Devices HMC438](#)
3. [Datasheet Texas Instruments LM7805](#)
4. [Datasheet ON Semiconductor MC12080](#)
5. [Datasheet Triad F-90X](#)

Удвоитель напряжения, использующий характерные особенности двухтактного DC/DC преобразователя

Ajoy Raman

EDN

В этой статье представлен удвоитель напряжения с широким входным диапазоном и минимальным количеством деталей, основанный на индивидуальных особенностях двухтактного DC/DC преобразователя. В схеме использована сборка высоковольтных транзисторов Дарлингтона ULN2023A. Устройство рассчитано на широкий диапазон напряжений питания от 5 В до 30 В, и при умеренном КПД отдает в нагрузку мощность от 1 Вт до 4 Вт.

На Рисунке 1 показана схема простого DC/DC преобразователя на одном трансформаторе, в котором перекрестные связи RC-цепочек, соединяющих коллекторы транзис-

торов Q_1 и Q_2 с соответствующими базами, обеспечивают положительную обратную связь. В процессе работы трансформатор попеременно проходит состояния между положительным и отрицательным насыщением с прерываниями магнитного потока, индуцирующими напряжения для поочередного выключения и включения транзисторов. Рабочая частота преобразователя определяется входным напряжением и характеристикой насыщения сердечника трансформатора в соответствии с формулой

$$f = \frac{V_{CC}}{4} \frac{10^8}{sAN} [\text{Гц}],$$

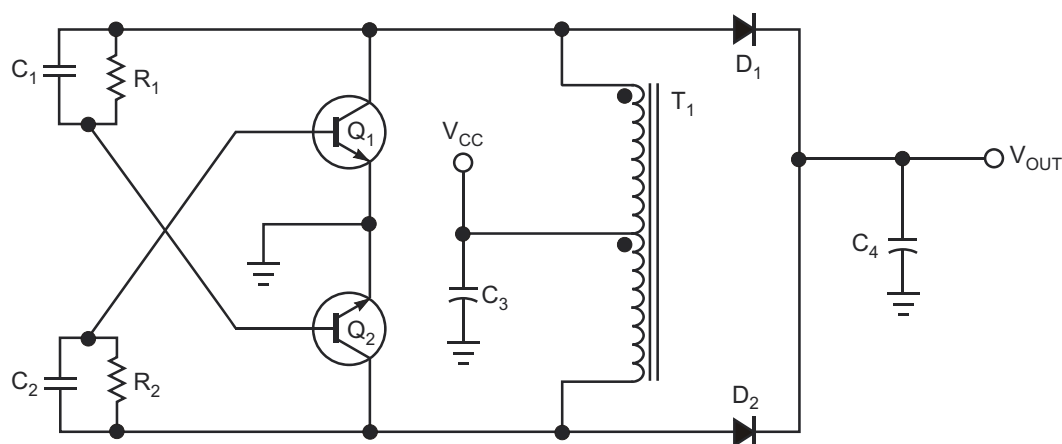


Рисунок 1. В простом удвоителе напряжения на основе DC/DC преобразователя с одним трансформатором регенеративная обратная связь обеспечивается перекрестным включением RC-цепочек, соединяющих коллекторы Q_1 и Q_2 с соответствующими базами.

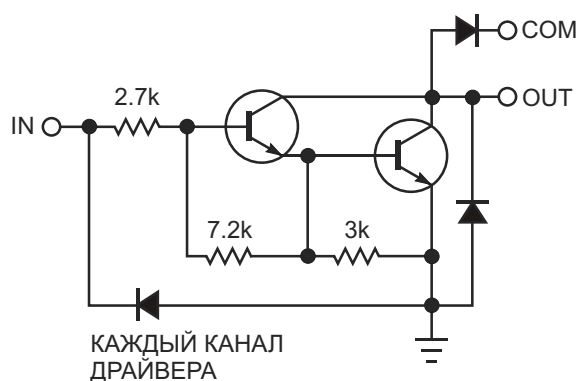


Рисунок 2. Внутренняя схема сборки высоковольтных транзисторов Дарлингтона ULN2023A в точности соответствует требованиям схемы на Рисунке 1, так как содержит диоды на коллекторных выходах, которые могут использоваться для выпрямления.

где

V_{CC} – входное напряжение,

s – индукция насыщения в Гауссах,

A – сечение сердечника в квадратных сантиметрах,

N – число витков в половине первичной обмотки.

В схеме используется тот факт, что напряжение коллектор-эмиттер каждого устройства

примерно вдвое больше суммы напряжения источника питания V_{CC} и индуцированных напряжений, возникающих из-за индуктивности рассеяния. После выпрямления коллекторных напряжений Q_1 и Q_2 диодами D_1 и D_2 и фильтрации конденсатором C_4 получается выходное напряжение V_{OUT} , примерно равное удвоенному входному напряжению V_{CC} .

Внутренняя схема сборки высоковольтных транзисторов Дарлингтона ULN2023A, показанная на Рисунке 2, в точности соответствует требованиям схемы на Рисунке 1, так как содержит диоды на коллекторных выходах, которые могут использоваться для выпрямления. Указанное в документации пробивное напряжение 95 В позволяет, с учетом запаса на выбросы в переходных режимах, обеспечивать удвоение V_{CC} при входном напряжении до 30 В. Устройство имеет низкое напряжение насыщения коллектор-эмиттер при требуемом уровне тока порядка 100 мА и малые времена переключения в диапазоне рабочих частот до десятков кГц.

Окончательная конфигурация схемы показана на Рисунке 3. Три драйвера работают параллельно, разделяя между собой ток управления, что позволяет минимизировать напряжения коллектор-эмиттер и увеличить

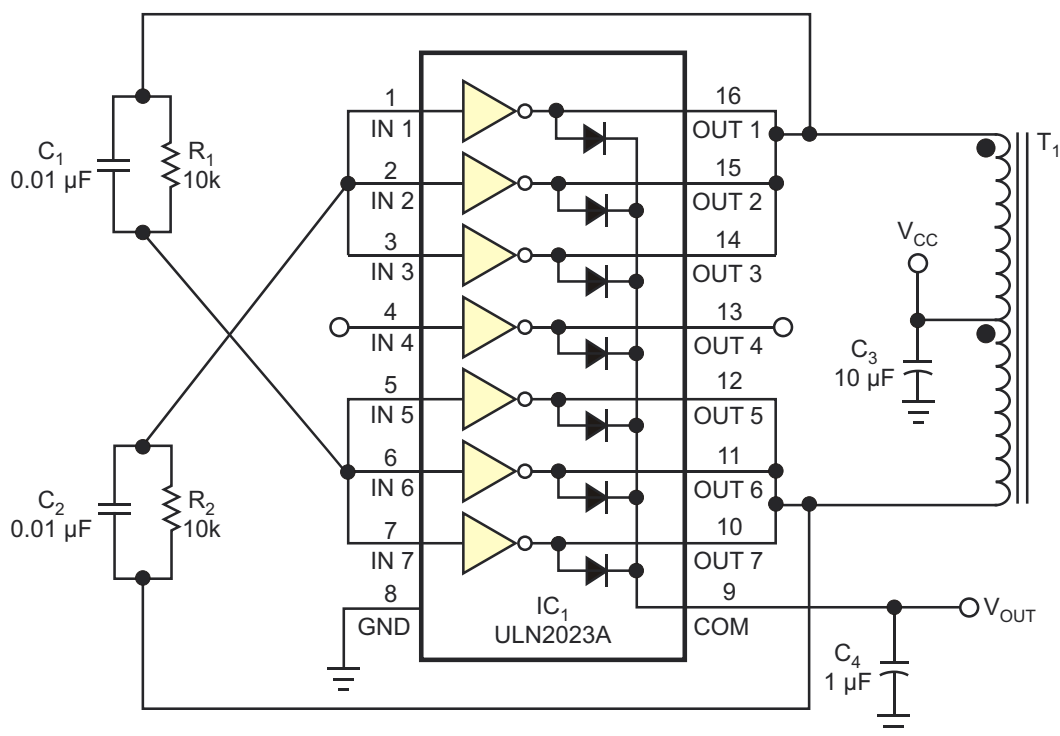


Рисунок 3. Наличие нескольких драйверов в одном корпусе позволяет в каждом плече схемы использовать три ключа, соединенных параллельно.

Таблица 1. Экспериментальные результаты

Входное напряжение (В)	Входной ток (мА)	Частота генерации (кГц)	Выходное напряжение (В)	Ток нагрузки (мА)	Входная мощность (Вт)	Выходная мощность (Вт)	КПД (%)
5	245	1.79	7.59	105.95	1.22	0.8	65.77
10	250	4	17.68	104.13	2.5	1.84	73.72
15	274	6.06	27.7	11.7	4.12	3.09	75.08
20	280	8.2	37.9	110.12	5.6	4.17	74.53
25	242	10.53	48.1	88.23	6.05	4.24	70.15
30	205	13.33	58.7	66.25	6.15	3.89	63.23

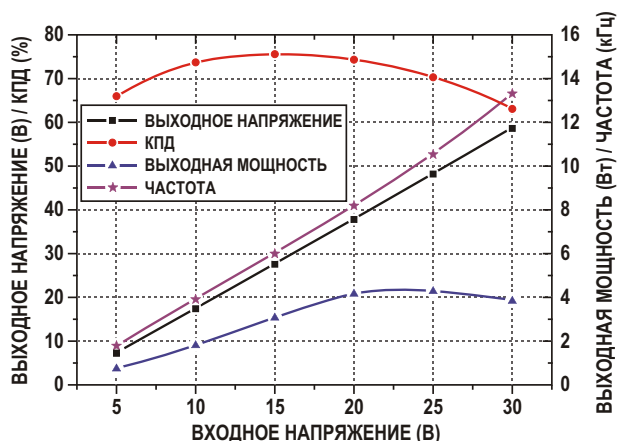


Рисунок 4. Экспериментальные результаты показывают, что схема на Рисунке 3 работает как маломощный удвоитель напряжения с широким входным диапазоном и средним КПД.

допустимую выходную мощность. Результаты испытаний удвоителя напряжения при входных напряжениях от 5 В до 30 В представлены в Таблице 1. Величина входного тока в этом диапазоне составляет менее 300 мА, оставаясь в пределах, допустимых для трансформатора при низких входных напряжениях, и не вызывая перегрева микросхемы ULN2023A при более высоких напряжениях. Рисунок 4 демонстрирует графики экспериментальных результатов, показывающих, что схема на Рисунке 3 работает как маломощный удвоитель напряжения с широким входным диапазоном и средним КПД. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Allegro MicroSystems ULN2023A](#)



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Если Вам
небезразличны темы:

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

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

приглашаем к сотрудничеству!

РадиоЛоцман.Журнал

Приложение для мобильных устройств (планшетов и смартфонов)



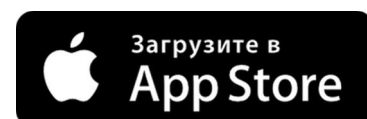
ANDROID »
GOOGLE PLAY



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



iOS (iPhone, iPad) »
APP STORE



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

Устанавливайте приложение и скачивайте!
Доступен весь архив номеров журнала.