



# РАДИОЛОЦМАН



ОКТАБРЬ 2017 (77)



61 Точный детектор абсолютной величины входного сигнала

Десять лучших альтернатив Raspberry Pi и Pi 2 24

Носимый солнечный термоэлектрический генератор устанавливает рекорд температуры 7

Откуда появились базовые схемы преобразователей. Часть 2 32

29 **ЧТО БУДЕТ ДАЛЬШЕ С ARDUINO?**



## РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

[www.rlocman.ru/magazine](http://www.rlocman.ru/magazine)

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



## РАДИОЛОЦМАН.ФОРУМ

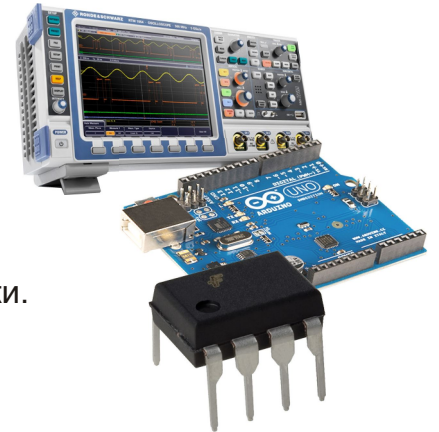
[www.rlocman.ru/forum](http://www.rlocman.ru/forum)

Обсуждайте статьи и новости, общайтесь!  
Приглашаем профессионалов.

## РАДИОЛОЦМАН.ЦЕНЫ

[www.rlocman.ru/price](http://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](http://vk.com/rlocman)



[facebook.com/rlocman](http://facebook.com/rlocman)



[odnoklassniki.ru/rlocman](http://odnoklassniki.ru/rlocman)



[twitter.com/rlocman](http://twitter.com/rlocman)



[google.com/+RlocmanRuPlus](http://google.com/+RlocmanRuPlus)

И еще многое другое на портале:

## РАДИОЛОЦМАН. ...

[www.rlocman.ru](http://www.rlocman.ru)

## Главный редактор:

А. Николаев

## Над номером работали:

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

## Обложка:

А. Кравчук

## Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление  
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

## Новости

- 4 Выходная мощность новых синхронных понижающих преобразователей Vishay Interotechnology превышает 100 Вт
- 5 ROHM разработала новые ультракомпактные низкопрофильные двухцветные светодиоды
- 6 Analog Devices расширяет семейство преобразователей  $\mu$ Module 2-амперным прибором в корпусе BGA
- 7 Носимый солнечный термоэлектрический генератор устанавливает рекорд температуры
- 9 GaN силовые микросхемы Navitas позволили создать самый миниатюрный в мире 65-ваттный адаптер USB-PD
- 9 Alpha and Omega Semiconductor анонсировала новый P-канальный MOSFET для коммутаторов нагрузки портов USB PD
- 10 Torex Semiconductor расширяет линейку DC/DC преобразователей с технологией HiSAT-COT
- 11 Peregrine выпустила быстродействующий драйвер МОП-транзисторов PE29102
- 12 Универсальный понижающий преобразователь компании Maxim увеличит срок службы батарей в устройствах с поддержкой USB Type-C
- 13 CML расширяет семейство радиочастотных усилителей мощности микросхемой CMX902
- 14 За €299 IkaLogic предлагает 30-мегагерцовый Wi-Fi осциллограф
- 15 Kionix предлагает новое семейство аналоговых акселерометров для рынка промышленного оборудования
- 16 Holtek анонсирует новый контроллер прозрачной передачи для приложений Bluetooth Low Energy
- 16 Analog Devices разработала новый широкополосный радиочастотный измеритель мощности и возвратных потерь
- 17 Littelfuse вливается в ряды поставщиков карбид-кремниевых MOSFET
- 18 Diodes анонсирует новые TVS диоды для защиты линий данных высокоскоростных интерфейсов
- 18 Двухканальный монитор потребляемой мощности Analog Devices измеряет напряжения и
- 20 STMicroelectronics анонсирует лучший в своем классе водонепроницаемый датчик давления
- 21 Diodes выпускает новый универсальный однокаскадный повышающе-понижающий драйвер светодиодов
- 22 Intersil представляет первый повышающе-понижающий регулятор напряжения для USB-C

## Статьи

- 24 Десять лучших альтернатив Raspberry Pi и Pi 2
- 29 Что будет дальше с Arduino?
- 32 Откуда появились базовые схемы преобразователей. Часть 2
- 40 ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ РОССИЯ. Развитие и современные продукты завода LG Electronics RUS
- 48 Синтезированная индуктивность обеспечивает передачу максимальной мощности

## Схемы

- 50 Контроллер управления подсветкой рабочей зоны на кухне. Часть 3. Вариант на NodeMCU – обновление прошивки по Wi-Fi
- 53 Пассивный тонкомпенсированный регулятор громкости с НЧ коррекцией. Часть 2
- 58 Усилитель очищает от синфазных шумов линию передачи дифференциального видеосигнала RGB
- 61 Точный детектор абсолютной величины входного сигнала
- 63 Недорогой малопотребляющий преобразователь дифференциального сигнала в несимметричный
- 66 Гистерезисный регулятор напряжения солнечной батареи без индуктивных элементов
- 68 Высокоимпедансный источник втекающего и вытекающего тока на основе операционного усилителя
- 72 Использование операционного усилителя в качестве RS-триггера
- 74 Интегратор с управляемой амплитудой и регулируемой скоростью изменения выходного напряжения



## Выходная мощность новых синхронных понижающих преобразователей Vishay Intertechnology превышает 100 Вт

Универсальные устройства с широким диапазоном входных напряжений и пиковым КПД 98% в компактном корпусе MLP55-27L размером 5 мм × 5 мм

Расширяя семейство синхронных понижающих регуляторов microBUCK, Vishay Intertechnology выпустила новую группу устройств с выходными токами от 2 А до 10 А и широким диапазоном входных напряжений от 4.5 В до 60 В. Объединение в компактном корпусе MLP55-27L высокоэффективных p-канальных MOSFET и контроллера обеспечивает высокий КПД и большую плотность мощности, а также повышает долговременную надежность и упрощает управление тепловыми режимами.

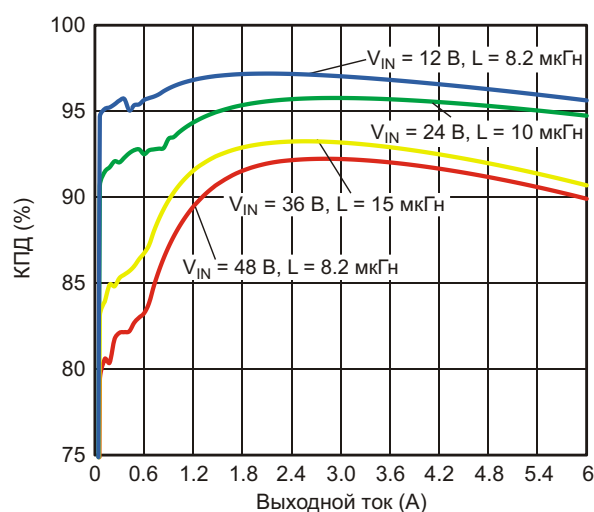


Сопrotивления открытых каналов интегрированных в регуляторы MOSFET верхнего и нижнего плеч в пять ниже, чем у конкурирующих устройств. В сочетании с ультранизкими собственными токами потребления это обеспечивает высокие значения КПД в полном диапазоне нагрузок с пиковыми уровнями, достигающими 98%. Высокий КПД уменьшает потери и позволяет разработчикам увеличивать плотность мощности. Регуляторы семейства SiC46X с наибольшими в отрасли выходными токами при размерах корпусов всего 5 мм × 5 мм могут отдавать в нагрузку мощность более 100 Вт.

Высокий КПД устройства в сочетании с отличной теплопроводностью корпуса MLP55-27L позволяет повысить долговременную надежность за счет более низкой рабочей температуры и отказаться от теплоотводов. Это дает возможность сократить требуемую площадь печатной платы, упростить схему контроля тепловых режимов и снизить стоимость системы.

Благодаря широкому диапазону входных напряжений и выходному напряжению, регулируемому в пределах от 0.8 В до 95% входного, семейство регуляторов SiC46X может использоваться в огромном спектре приложений, включающем DC/DC преобразователи для систем автоматизации производственных процессов, программируемых логических контроллеров, домашней автоматики, промышленных компьютеров, источников питания базовых станций, сетевых адаптеров, роботов, дронов, систем управления аккумуляторными батареями, электроинструментов, электровелосипедов, банкоматов, торговых и игровых автоматов.

Семейство SiC46X состоит из 2-амперного регулятора, SiC464, 4-амперного SiC463, 6-амперного SiC462 и 10-амперного SiC461. Все устройства совместимы по размерам и выводам корпусов, предоставляя разработчикам возможность масштабирования решений. Гибко конфигурируемые регуляторы с частотой переключения, программируемой от 100 кГц до 2 МГц, имеют цепи ограничения тока и управляемого мягкого запуска и могут работать в трех режимах: принудительной непрерывной проводимости, энергосберегающем и ультразвуковом.



Зависимость КПД от выходного тока; (выходное напряжение 5 В, частота переключения 300 кГц).



Архитектура устройства с постоянной длительностью импульса включения (COT – constant on-time) обеспечивает сверхмалое время реакции на переходные процессы при минимальной емкости выходного конденсатора, а также низкий уровень пульсаций при легких нагрузках. Кроме того, технология COT позволяет поддерживать устойчивость контура регулирования при любых типах используемых выходных конденсаторов, включая керамические конден-

саторы с низкими значениями ESR. В набор функций безопасности входят защита от перегрузки выхода по напряжению и току, от короткого замыкания с автовосстановлением, отключение при перегреве и флаг «Питание в норме».

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии регуляторов семейства SiC46X. Крупные заказы на поставку приборов выполняются за восемь недель.

## ROHM разработала новые ультракомпактные низкопрофильные двухцветные светодиоды

*Самые миниатюрные в отрасли двухцветные светодиоды позволят сделать дисплеи промышленных и потребительских устройств более тонкими и привлекательными*

ROHM анонсировала начало производства самых миниатюрных в отрасли двухцветных светодиодов типоразмера 1608. Помимо инновационного корпуса, SML-D22MUW имеет особую, повышающую общую надежность конструкцию, а конфигурация нижних электродов позволяет создавать дисплеи с высоким разрешением.



В последние годы SMD светодиоды все чаще используются в цифровых дисплеях промышленного оборудования и потребительских устройств. Обычно цифры в этих приборах отображаются одним цветом, но существуют приложения, где смена цвета облегчает восприятие информации об отклонениях в работе оборудования. Однако, как правило, это подразумевает либо использование двух отдельных светодиодов, что удваивает площадь монтажа и увеличивает расходы на разработку, либо выбор стандартных двухцветных светодиодов, также увеличивающих размеры платы.

В отличие от этого, запатентованные ROHM технологии и процессы позволили интегрировать два чипа в корпусе того же размера, что и обычные одноцветные светодиоды, позволяя излучать несколько цветов из прибора меньшего размера. По сравнению со стандартными двухцветными светодиодами размером 1.5 мм × 1.3 мм требуемая площадь платы сокращена на 35%. Кроме того, для повышения надежности приборов приняты меры, предотвращающие попадание припоя под эпоксидный корпус при пайке оплавлением.

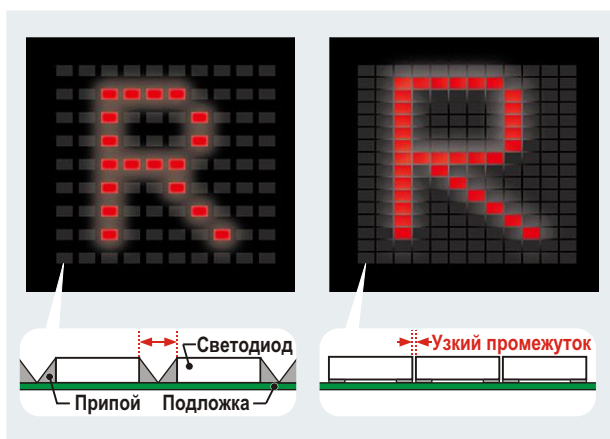
В партиях из 3,000 приборов светодиоды SML-D22MUW можно приобрести по цене \$0.136 за штуку.

### Основные особенности прибора

**1. Наименьшие в своем классе размеры, позволяющие сделать устройства более компактными и тонкими**

Помимо элементов уменьшенного размера, в SML-D22MUW используется технология PICOLED – метод монтажа и соединения двух кристаллов, позволяющий разместить их в компактном корпусе с размерами 1.6 мм × 0.8 мм – таком же, как и у обычных одноцветных светодиодов.

Кроме того, близкое расположение излучающих элементов обеспечивает очень хорошее смешивание цветов, позволяя излучать не только красный и зеленый, но и множество промежуточных цветов.



Обычный двухцветный светодиод с торцевым расположением электродов (слева); SML-D22MUW с нижним расположением электродов (справа). Изображен точечно-матричный индикатор.

## 2. Защита от проникновения припоя, гарантирующая высокую надежность

Нанесение защитного покрытия перед золочением препятствует локальному осаждению золота, имеющего хорошую смачиваемость. Это предотвращает проникновение припоя внутрь пластикового корпуса, исключая повреждение прибора из-за коротких замыканий и, тем самым, увеличивая его надежность.

## 3. Конфигурация нижних электродов, поддерживающая дисплеи с высоким разрешением

Новая конструкция нижних электродов позволяет уменьшить промежутки между светодиодами и обеспечить высокое разрешение матричных дисплеев и других приложений.

Прибор	Прямой ток (мА)	Прямое напряжение (В)	Длина волны излучения (нм)	Сила света (мкд)
SML-D22MUW	5	2.0	570	10
	5	1.9	620	16
SML-D22VYW (в разработке)	5	2.0	588	25
	5	1.85	629	16

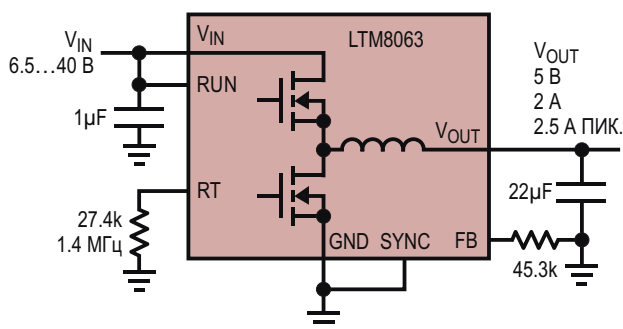
## Analog Devices расширяет семейство преобразователей $\mu$ Module 2-амперным прибором в корпусе BGA

Analog Devices, недавно завершившая сделку по приобретению компании Linear Technology, анонсировала новый прибор в семействе  $\mu$ Module – 40-вольтовый понижающий преобразователь LTM8063 с выходным током до 2 А в корпусе BGA размером 6.25 мм × 4 мм. Размер корпуса модуля на 75% меньше, чем у существующих эквивалентных продуктов. Вместе с двумя конденсаторами типоразмера 0805 и двумя резисторами 0603 законченное решение на основе нового моду-



ля уместается на площади всего 70 мм<sup>2</sup>. Архитектура Silent Switcher минимизирует уровень электромагнитных излучений, обеспечивая соответствие LTM8063 Классу В стандарта электромагнитной совместимости CISPR 22.

В схеме преобразователя 12 В/5 В LTM8063 может отдавать в нагрузку непрерывный ток 2 А (2.5 А пиковый) при температуре окружающей среды до 85 °С. Устройство, рассчитанное на входное напряжение до 40 В, может безопасно работать от нестабилизированных источников напряжения, меняющегося от 12 В до 24 В, в насыщенных шумами средах, в частности, в авионике, системах автоматизации предприятий и промышленных роботах. С помощью единственного резистора выходное напряжение можно регулировать в диапазоне от 0.8 В до 15 В. Широкий диапазон выходных напряжений обеспечивает универсальность устройства, позволяя использовать один модуль как в



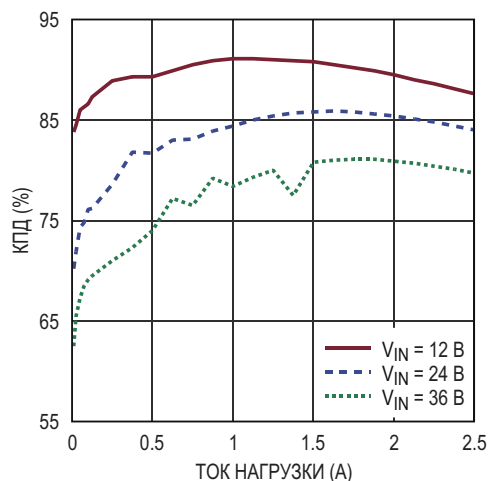
ВЫВОДЫ, НЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЭТОЙ СХЕМЕ: TR/SS, PG

*Понижающий преобразователь на основе модуля LTM8063.*

качестве низковольтного источника питания входов/выходов и дополнительных узлов цифровых микросхем, так и для системных шин со стандартными напряжениями 3.3 В, 5 В и 12 В.

Частота переключения в диапазоне от 200 кГц до 2.2 МГц задается либо одним внешним резистором, либо внешним генератором. LTM8063 имеет четыре режима работы: пульсирующий (Burst Mode), пропуска импульсов, пропуска импульсов с модуляцией шумоподобным сигналом и режим внешней синхронизации. Сочетание архитектуры Silent Switcher, широкого диапазона рабочих частот и нескольких режимов работы минимизирует риски возникновения электромагнитных помех, делая устройство идеальным для чувствительных к шумам приложений обработки сигналов, включая технические средства визуализации и радиочастотные системы.

LTM8063 рассчитан на работу в диапазоне температур окружающей среды от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до



*Зависимость КПД от тока нагрузки.*

$125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В партиях из 1000 приборов цена одного модуля начинается от \$6.95.

### Сводка основных характеристик LTM8063

- Малошумящая архитектура Silent Switcher;
- Широкий диапазон входных напряжений: от 3.2 В до 40 В;
- Широкий диапазон входных напряжений: от 0.8 В до 15 В;
- Непрерывный выходной ток 2 А, 2.5 А пиковый;
- Выбираемая частота переключения: от 200 кГц до 2.2 МГц;
- Возможность внешней синхронизации;
- Программируемые параметры мягкого запуска;
- Миниатюрный низкопрофильный корпус BGA с размерами 6.25 мм × 4 мм × 2.22 мм, отвечающий требованиям директивы RoHS.

## Носимый солнечный термоэлектрический генератор устанавливает рекорд температуры

*PowerPulse*

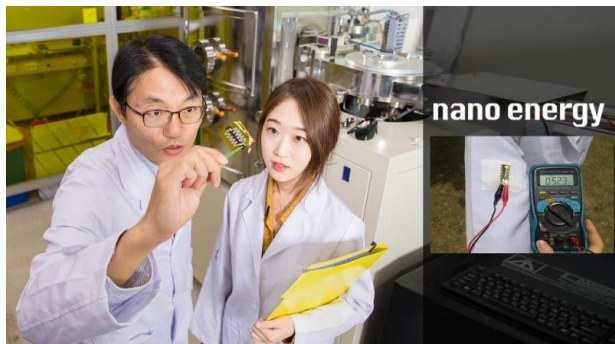
В результате недавних исследований, проведенных в Школе материаловедения и инженерии Ульсанского национального института науки и технологий (UNIST) в Южной Корее под руководством профессора Кен Цзинь Чоя (Kyoung Jin Choi), была создана система сбора энергии, способная вырабатывать электричество, будучи просто прикрепленной к одежде, окну или внешней стене здания.

В рамках этих исследований профессор Чой и его команда разработали носимый солнечный термоэлектрический генератор (W-STEG), объединив на полиамидной подложке BiTe (теллурид-висмутовые) полупроводниковые термопары с поглотителями солнечной энергии.

Термопары изготавливались струйной печатью с помощью чернил, образованных

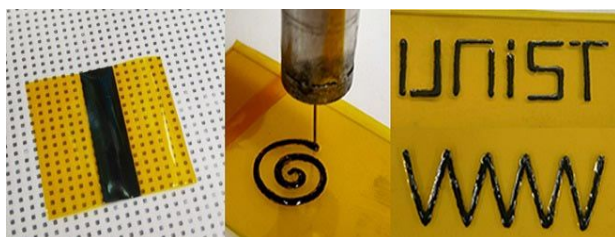


механическим соединением порошка на основе BiTe и спекающей добавки на основе диспергированного в глицерине теллурида сурьмы ( $Sb_2Te_3$ ). Исследователи сообщили, что W-STEG, состоящий из 10 полупроводниковых p-n термопар, на солнечном свете имеет напряжение холостого хода 55.15 мВ и выходную мощность 4.44 мкВт.



Это новое устройство основано на разности температур между горячей и холодной сторонами. Разность температур может быть увеличена до 20.9 °C, что намного больше типичных значений от 1.5 °C до 4.1 °C, получаемых в носимых термоэлектрических генераторах от тепла человеческого тела.

Как ожидает исследовательская группа, их носимый солнечный термоэлектрический генератор послужит наглядным подтверждением перспективности дальнейшего повышения эффективности за счет увеличения разности температур.



*Нанесенные методом струйной печати термоэлектрические элементы могут иметь различную форму.*

Сбор энергии – это разноплановая область, охватывающая множество технологий, включая процессы улавливания ничтожного количества энергии, которая была бы напрасно потеряна в виде тепла, света, звука, вибрации или движения. Термоэлектрические генераторы относятся к устройствам, преобразующим неиспользуемую энергию

тепла, такую как солнечная энергия, геотермальная энергия или тепло человеческого тела, в дополнительную электроэнергию.

В последнее время наблюдается значительный рост интенсивности исследований термоэлектрических генераторов, использующих разность температур между человеческим телом и окружающей средой. Однако одним из основных недостатков технологии носимых термоэлектрических генераторов являлась незначительная разность температур, создаваемая теплом человеческого тела, и составляющая всего 1...4 °C, что препятствовало дальнейшей коммерциализации.

Проблему низкой разности температур обычных носимых термоэлектрических генераторов исследователи решили, нанеся местный поглотитель солнечной энергии на полиамидную подложку. Солнечный поглотитель образован пятипериодной кристаллической сверхрешеткой  $Ti/MgF_2$ , в которой структура и толщина каждого слоя оптимизировались для наилучшего поглощения солнечного света. Это увеличило разность температур до 20.9 °C – наивысшего значения, достигнутого для носимых термоэлектродгенераторов на сегодняшний день.

«Благодаря этим исследованиям мы на порядок увеличили разность температур по сравнению с обычными носимыми солнечными термоэлектрическими генераторами, – говорит Су Ен Чун (Yeon Soo Jung) из Высшей школы материаловедения и инженерии при UNIST. – Поскольку выход термоэлектрического генератора пропорционален квадратному корню из разности температур, с помощью этой технологии можно значительно увеличить выходную мощность».

«Как ожидается, наши новые носимые термоэлектрические генераторы найдут применение во множестве приложений, таких как носимые электронные устройства, – сказал профессор Чой. – В перспективе они также послужат катализатором дальнейшего развития рынка носимых электронных технологий».

Отчет о результатах исследований был опубликован в августовском номере престижного журнала Nano Energy. Эта работа была поддержана Национальным Советом по науке и технике Республики Корея и партнерской программой KIST-UNIST.

## GaN силовые микросхемы Navitas позволили создать самый миниатюрный в мире 65-ваттный адаптер USB-PD

*До пяти раз меньше, чем старые решения, основанные на кремниевых приборах*

Идя в ногу с тенденцией резкого сокращения размеров и веса конструкций портативных компьютеров, Navitas Semiconductor выпустила оценочный набор самого малогабаритного в мире адаптера USB-PD (Type C) для питания ноутбуков. Для создания устройства мощностью 65 Вт, имеющего объем всего 45 см<sup>3</sup> и вес 60 г, использовались высокочастотные высокоэффективные силовые микросхемы семейства AllGaN, позволившие минимизировать размеры, вес и стоимость трансформаторов, фильтров и теплоотводов. Для сравнения, существующие конструкции, основанные на кремниевых приборах, занимают объем 100...115 см<sup>3</sup> и весят более 300 г.



В новой оценочной платформе NVE028A использованы силовые GaN микросхемы в топологии обратноходовых преобразовате-

лей с активным ограничением, частота переключения которых в 3-4 раза выше, а потери мощности на 40% меньше, чем у адаптеров традиционных конструкций. Устройство полностью отвечает требованиям европейского стандарта эффективности вторичных источников питания CoC Tier 2 и американского стандарта DoE Level VI. Пиковый КПД адаптера при полной нагрузке превышает 94%.

В отличие от предыдущих попыток создания адаптеров высокой плотности, в NVE028A удалось, используя простую, стандартную, недорогую технологию производства, достичь малых размеров (корпус 51 мм × 43 мм × 20.5 мм) и невероятной плотности мощности 1.5 Вт/см<sup>3</sup> (с учетом объема корпуса).

«После того, как на выставке APEC'16 мы впервые представили свою платформу AllGaN, Navitas анонсировала одиночные транзисторы и микросхемы силовых полумостов на основе GaN и самый компактный в мире 150-ваттный адаптер. И вот теперь, мы выпускаем самое миниатюрное устройство мощностью 65 Вт, полностью совместимое со стандартом USB-PD, – сказал Джин Шеридан (Gene Sheridan), генеральный директор компании Navitas. – Это гибкая, высокоэффективная, малозатратная платформа, которая не только соответствует перспективным требованиям рынка мобильных и потребительских зарядных устройств, но и превосходит их».

## Alpha and Omega Semiconductor анонсировала новый P-канальный MOSFET для коммутаторов нагрузки портов USB PD

*Надежное, универсальное решение для приложений коммутации нагрузки в системах, поддерживающих USB PD, с расширенным диапазоном входных напряжений*

Alpha and Omega Semiconductor (AOS) сообщила о выпуске первого прибора нового семейства MOSFET. Усовершенствованный технологический процесс изготовления r-канальных транзисторов AONR21357 обеспечил снижение потерь мощности и повышение надежности запуска. Предельно допустимые для устройства напряжения сток-исток и затвор-исток составляют –30 В и

–25 В, соответственно. Транзистор выпускается в корпусе DFN размером 3 × 3 мм со сниженным тепловым сопротивлением и при напряжении затвор-исток, равном –4.5 В, имеет сопротивление открытого не более 12.3 мОм. Новый r-канальный MOSFET идеально подойдет для приложений коммутации нагрузки в адаптерах ноутбуков и аналогичных устройствах.



USB Type-C становится стандартом де-факто для новейших компьютеров и мобильных устройств. При этом для удовлетворения различных требований к электропитанию портативных устройств был внедрен стандарт USB-PD. Схемы коммутации нагрузки используются для включения/выключения

питания по командам системы управления. При использовании в качестве переключателей нагрузки новые MOSFET обеспечат расширенные диапазоны входных и выходных напряжений и высокий уровень надежности во всех возможных режимах эксплуатации. Разработанная AOS технология изготовления MOSFET с обогащенным каналом р-типа, гарантируя уверенную работу в линейном режиме и низкий уровень плато Миллера (менее 3.5 В), полностью покрывает диапазон напряжений USB-PD.

### Цена и доступность

AONR21357 освоены в серийном производстве и отгружаются через 12 недель после подтверждения заказа. В партиях из 1000 транзисторов цена одного прибора составляет \$0.60.

## Torex Semiconductor расширяет линейку DC/DC преобразователей с технологией HiSAT-COT

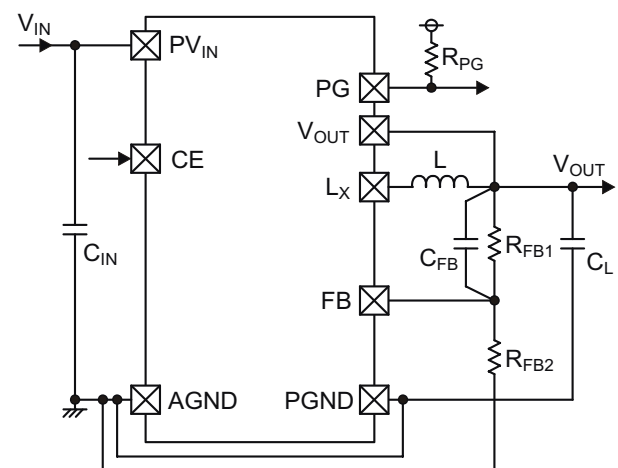
Torex Semiconductor объявила о начале производства новой серии синхронных понижающих DC/DC преобразователей XC9274/ XC9275 с выходными токами до 3 А, основанных на собственной уникальной технологии управления HiSAT-COT, обеспечивающей высокую скорость реакции на переходные процессы.

напряжения питания. Для подавления скачков напряжения обычным DC/DC преобразователям требуются выходные конденсаторы большой емкости, занимающие значительную монтажную площадь.

В серию XC9274/XC9275 входят 3-амперные понижающие DC/DC преобразователи с синхронным выпрямлением, способные с высокой точностью стабилизировать низкие выходные напряжения, и, благодаря технологии HiSAT-COT второго поколения, обеспечивающие быстрый отклик на переходные процессы. Микросхемы XC9274/

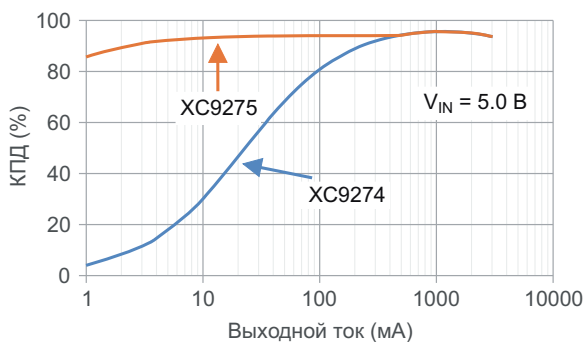


Для сокращения энергопотребления ПЛИС и заказные микросхемы, выпускаемые в последнее время, имеют пониженное напряжения питания ядра. Это стимулирует возрастающую с каждым годом потребность в DC/DC преобразователях с низким и точным выходным напряжением. Ток, потребляемый ПЛИС и специализированными микросхемами, мгновенно меняется в широких пределах, вызывая значительные броски



Типовая схема включения.





Типовая зависимость КПД от тока нагрузки.

XC9275 идеально подходят для локализованных к нагрузке источников питания устройств с резким характером изменения потребляемого тока.

Повышенную точность выходного напряжения обеспечивает использование в приборах запатентованной Torex архитектуры HiSAT-COT второго поколения, дающей возможность поддерживать напряжение на выводе обратной связи с погрешностью не более  $\pm 1\%$  во всем диапазоне рабочих температур. Микросхемы XC9274/XC9275 отличаются превосходной реакцией на переходные процессы, позволяющей использовать более компактные выходные конденсаторы большой емкости, занимающие площадь на 25% меньше, чем требовалось до сих пор.

Для поддержания высокого КПД, низких пульсаций и высокой скорости реакции на переходные процессы во всем диапазоне

нагрузок в XC9274 используется принудительное ШИМ управление, а XC9275 автоматически выбирает режим ШИМ или ЧИМ.

Максимальный выходной ток микросхем равен 3.0 А, диапазон входных напряжений – от 2.7 В до 5.5 В, диапазон выходных напряжений – от 0.8 В до 3.6 В, точность напряжения на выводе обратной связи – не хуже  $\pm 1.0\%$ . Частота переключения задается на этапе производства и может иметь два значения. Более низкая частота 1.2 МГц обеспечивает наибольший КПД преобразования, а 3.0 МГц позволяет выбирать компоненты меньшего размера.

Мягкий запуск фиксированной длительности происходит за 0.25 мс, а функция мягкого выключения, используемая для быстрого разряда выходного конденсатора по окончании работы, при необходимости может быть отключена. Это упрощает процедуру управления последовательностью запуска ПЛИС, заказных микросхем и аналогичных приложений.

Микросхемы оснащены встроенными узлами защиты от перегрузки по току, короткого замыкания и перегрева. Возврат в рабочий режим после замыкания или перегрузки происходит либо автоматически, в случае выбора «икающего» режима, либо после повторного включения питания.

Микросхемы выпускаются в корпусе общего назначения SOP-8FD с размерами 4.9 мм × 6.0 мм × 1.55 мм.

## Peregrine выпустила быстродействующий драйвер МОП-транзисторов PE29102

Компания Peregrine выпустила быстродействующий драйвер МОП-транзисторов со скоростью переключения до 40 МГц. Основанная на технологической платформе UltraCMOS, новая микросхема PE29102 идеально подходит для управления затворами внешних силовых устройств, таких как нитрид-галлиевые (GaN) МОП транзисторы, как в полу-, так и в полномостовых конфигурациях.

Драйвер PE29102 оптимизирован по величине мертвого времени и отличается лучшей в своем классе задержкой распространения. Высокие скорости переключения позволяют сократить размеры внешних компонентов и

создать инновационные конструкции для таких приложений, как усилители класса D и беспроводные зарядные устройства. Допустимый вытекающий ток микросхемы равен





Оценочный набор GS61004B для драйвера PE29102.

2 А, а втекающий – 4 А. Устройство выпускается в корпусе на основе перевернутого кристалла размером 2 мм × 1.6 мм, выдерживает напряжения до 60 В и поддерживает напряжения затвора до 6 В.

### Основные характеристики

- Драйвер МОП-транзисторов верхнего и нижнего плеча;
- Управление величиной мертвого времени;

- Малая задержка распространения: 9 нс;
- Выходы с тремя состояниями;
- Субнаносекундные времена нарастания и спада;
- Пиковые значения вытекающего и втекающего токов 2 А и 4 А, соответственно;
- Корпус на основе перевернутого кристалла.

Для демонстрации возможностей управления GaN транзисторами Peregrine совместно с двумя мировыми лидерами в области производства GaN приборов – компаниями GaN Systems и EPC – разработала оценочные наборы:

- Оценочная плата GS61004B компании GaN Systems позволяет изучить работу драйвера затворов PE29102 в полномостовой конфигурации.
- В плате полумостового драйвера EPC9086 PE29102 используется для управления eGaN полумостом EPC2111 компании EPC с рабочим током 15 А и максимальным напряжением 30 В.

## Универсальный понижающий преобразователь компании Maxim увеличит срок службы батарей в устройствах с поддержкой USB Type-C

*MAX77756 с интегрированным мультиплексором питания и поддержкой шины I<sup>2</sup>C обеспечивает сильноточные цепи питанием от двух источников*

Разработчики устройств, подключаемых к USB Type-C и потребляющих большие токи от многоэлементных аккумуляторов, теперь получают разработанный компанией Maxim Integrated Products гибкий и универсальный прибор MAX77756 – понижающий преобразователь с низким током потребления, входным напряжением до 24 В и выходным током до 500 мА.

Для обнаружения подключений устройств изделия USB Type-C должны постоянно вырабатывать напряжение 3.3 В. С помощью понижающего преобразователя MAX77756 устройства, использующие Power Delivery (PD), могут постоянно поддерживать напряжение (1.8 В/3.3 В/5.0 В) на цифровой шине питания контроллера портов. Кроме того, благодаря равному 20 мкА собственному току потребления, MAX77756 увеличивает время работы батареи, снижая потребление в режиме ожидания. Для упрощения разработки систем в MAX77756 добавлена двухходовая силовая

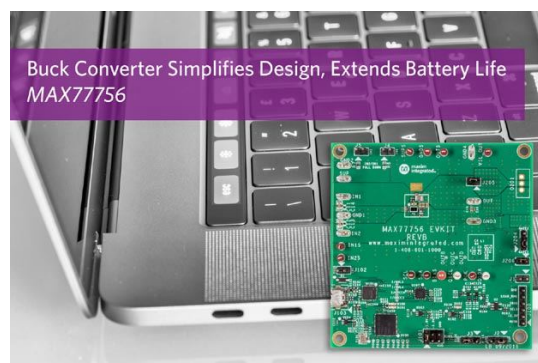
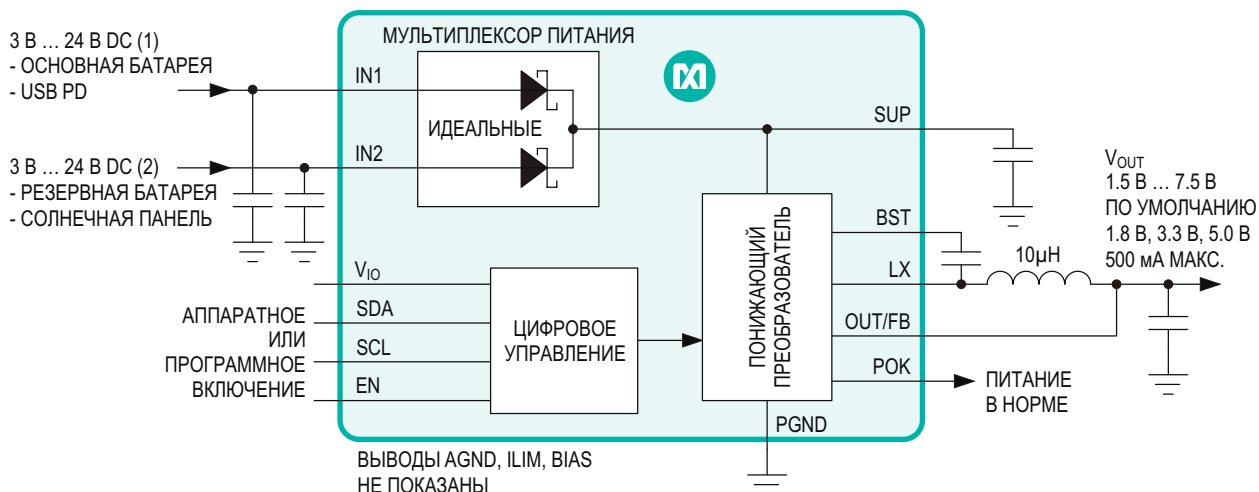


схема «ИЛИ» на идеальных диодах, позволяющая микросхеме при разряде аккумулятора переключаться на питание от внешнего источника USB.

С помощью гибких источников питания на основе MAX77756, устройства, работающие на многоэлементных батареях, такие как ультрабуки, ноутбуки, планшеты, дроны и домашние приборы, можно легко усовершенствовать, добавив поддержку USB Type-C



Упрощенная блок-схема MAX77756.

PD. В MAX77756 реализовано уникальное сочетание широкого диапазона входных напряжений, низкого собственного тока потребления, двойного входа и интерфейса I<sup>2</sup>C, обеспечивающего гибкость и программируемость. Если потребитель не хочет использовать шину I<sup>2</sup>C, режим потребления мощности устанавливается по умолчанию. MAX77756 – это основанная на проверенной архитектуре управления по току дросселя надежная микросхема с защитой от коротких замыканий и перегрева, с внутренней схемой мягкого запуска, минимизирующей броски пусковых токов, выдерживающая входные напряжения до 26 В.

### Ключевые преимущества

- **Низкий собственный ток потребления:** 1.5 мкА – потребление понижающего преобразователя, 20 мкА – мультиплексора питания.

- **Высокий КПД:**

До 92% с учетом внутреннего мультиплексора питания.

- **Малые размеры решения:**

15-контактный корпус WLP размером 2.33 мм × 1.42 мм; не требуются внешние матрицы диодов Шоттки.

- **Широкий диапазон входных напряжений:**

Работа в полном диапазоне напряжений  $V_{BUS}$  (5...20 В) и  $V_{BATT}$  (2-, 3- и 4-элементные Li+ батареи).

### Доступность и цена

Микросхемы MAX77756 поставляются непосредственно со склада Maxim по цене \$0.65 за штуку при объеме партии в 10,000 приборов. Оценочные наборы MAX77756EVKIT# продаются со склада по цене \$70. Начать разработку поможет онлайн инструментарий EE-Sim Tool Suite.

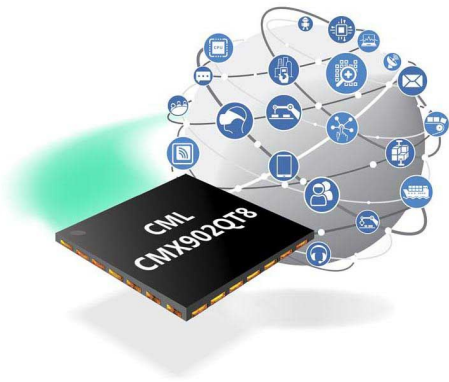
## СМЛ расширяет семейство радиочастотных усилителей мощности микросхемой CMX902

Расширяя свое семейство радиочастотных усилителей мощности, компания CML Microcircuits выпустила микросхему CMX902, предназначенную для работы в диапазоне от 130 МГц до 700 МГц. Новое устройство сочетает в себе большой коэффициент усиления, высокий КПД и компактные размеры.

CMX902 идеально подходит для радио приложений диапазонов УКВ и УВЧ, судовой

УКВ связи, маломощных радиочастотных передатчиков общего назначения и радиоустройств, используемых в системах Промышленного Интернета вещей. Главной особенностью этого устройства, поддерживающего низковольтные приложения с батарейным питанием, является высокий КПД суммирования мощности, на частотах диапазона УКВ достигающий 60%.





Первый и второй каскады усилителя работают в режимах классов А и АВ, соответственно, а последний, третий каскад, для достиже-

ния максимального КПД, работает в режиме класса С. Согласование входа и выхода выполняется внешними компонентами, что позволяет разработчикам подбирать их таким образом, чтобы обеспечить максимальные значения мощности и КПД на требуемой рабочей частоте.

Микросхема CMX902 с максимальным коэффициентом усиления мощности, равным 39 дБ, выпускается в 28-выводном корпусе WQFN размером 5 мм × 5 мм со сниженным тепловым сопротивлением. Это идеальный прибор для приложений с низкой потребляемой мощностью и ограничениями по занимаемому объему.

## За €299 IkaLogic предлагает 30-мегагерцовый Wi-Fi осциллограф

*Graham Prophet*

*eeDesignNews Europe*

Выпущенный французской компанией IkaLogic (г. Лимож) прибор IkaScore представляет собой беспроводной осциллограф размером с авторучку, способный отобразить результаты выборки сигналов практически на любом экране, подключенном к Wi-Fi. Осциллограф IkaScore, имеющий полосу пропускания 30 МГц и скорость выборки 200 Мвыб/с, может отображать входные сигналы с максимальным пиковым уровнем  $\pm 40$  В.

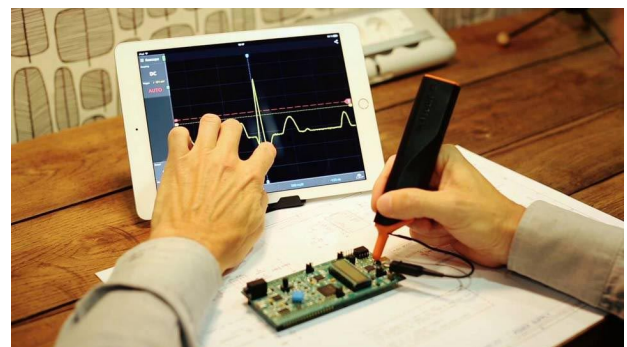


Щуп обеспечивает гальванически изолированные измерения даже в то время, когда порт USB заряжает внутренний аккумулятор устройства. Прибор может использоваться как с настольными компьютерами с операционными системами Windows, Mac и Linux, так и на мобильных устройствах, работающих под iOS и Android. Для любой платформы можно загрузить бесплатное приложение ПО.

У IkaScore нет выключателя питания; при давлении на наконечник щупа он включается

автоматически. Технология ProbeClick экономно расходует ресурс аккумулятора: все цепи, потребляющие энергию, включаются только при нажатом наконечнике щупа, и автоматически полностью отключаются после короткого периода использования. Заряда внутреннего аккумулятора емкостью 450 мА·ч хватает на неделю регулярной ежедневной работы. Изолированное подключение к USB обеспечивает подзарядку внутреннего аккумулятора, а два светодиода индицируют состояние его заряда и статус Wi-Fi.

Клик на кнопке Autoset в окне приложения IkaScore автоматически устанавливает оптимальные значения коэффициента усиления и скорости развертки, позволяя быстро приступить к измерениям. Кроме того, IkaScore, даже без кнопки Run/Stop, знает, когда выполнять измерения сигнала, а когда отображать их результаты. Инновационная функция



Automatic History (Автоматическая история) сохраняет выборки сигнала, как только прекращается давление на наконечник щупа. База данных истории измерений разделена на секции Текущая и Избранное; в последней секции выборки сигналов сохраняются постоянно, даже после закрытия приложения. Результаты сделанных раньше измерений можно быстро отобразить на экране.

У большинства настольных осциллографов есть фиксированная сетка с неизменным количеством делений, однако IkaScore

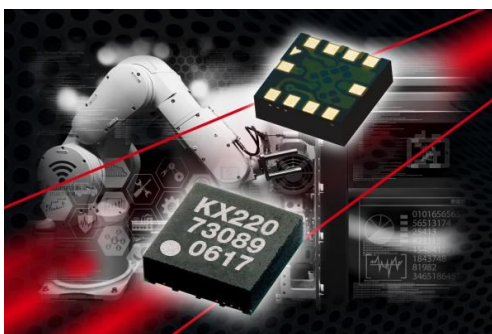
позволяет расширять и сжимать сенсорные экраны (или приближать/удалять, если используется колесо мыши) растягивая сетку, чтобы дать оператору возможность в деталях изучить отдельные участки сигнала. В присоединенном ПО есть также кнопка Share, нажав на которую можно сделать снимок экрана.

IkaScore стоит €299. Оставить предварительный заказ можно, либо зарегистрировавшись на веб-сайте IkaLogic, либо выбрав любого из обширного списка дистрибьюторов.

## Кіоніх предлагает новое семейство аналоговых акселерометров для рынка промышленного оборудования

*Беспрецедентно низкое энергопотребление в ультракомпактном корпусе*

Кіоніх сообщает о выпуске нового семейства трехосевых акселерометров KX220, предназначенных для измерения ускорений средних уровней. На первом этапе Кіоніх предлагает два прибора – KX220-1071 и KX220-1072 – для диапазонов  $\pm 20g$  и  $\pm 40g$ , соответственно. Максимальные поддерживаемые полосы пропускания, в зависимости от оси, составляют от 4.5 кГц до 8 кГц. Оба датчика имеют встроенные цепи самодиагностики, потребляют 0.25 мА при напряжении питания 3.3 В и поставляются в 10-выводных корпусах LGA размером 3 мм × 3 мм.



«Все хорошо известны темпы внедрения цифровых сенсорных технологий в потребительские устройства, – говорит Надер Садраде (Nader Sadrzadeh), генеральный директор Кіоніх. – Однако теперь и промышленные компании признают преимущества этих технологий и ускоренно инвестируют в них для повышения эффективности, снижения издержек и улучшения качества работы. Но в отличие от потребительского рынка с его

короткими циклами обновления продукции, в промышленном секторе часто не имеет смысла полностью отказываться от существующей инфраструктуры и напрямую переходить на цифровые решения из-за значительного объема капиталовложений, длительного срока службы оборудования и необходимости поддержания непрерывности производственного процесса. Поэтому, хотя потребительский мир живет по цифровым законам, аналоговым устройствам, по-прежнему вполне жизнеспособным, часто отдают предпочтение в промышленных приложениях. Понимая эту потребность, Кіоніх дополняет линейку своих широкополосных устройств для диапазона средних ускорений аналоговыми акселерометрами серии KX220».

Поскольку типичной областью применения промышленных датчиков является контроль состояния машин и физических процессов, требования к диапазону измеряемых ими ускорений и полосе пропускания обычно выше, чем для приборов, используемых в портативных потребительских устройствах. Эти датчики призваны помочь в создании самых разных приложений – от мониторинга уровня вибраций до обнаружения ударов и измерений. Целевыми рынками новых датчиков будут устройства диагностики состояния промышленного оборудования, роботы, средства автоматизации и системы управления производственными процессами.

В настоящее время доступны образцы новых приборов.

## Holtek анонсирует новый контроллер прозрачной передачи для приложений Bluetooth Low Energy

Компания Holtek анонсировала выпуск нового контроллера прозрачной передачи данных с ядром ARM Cortex-M0+, специально разработанного для приложений Bluetooth Low Energy. Микросхема BC32F7611, предназначенная для прозрачной передачи, хорошо подходит для таких приложений, как изделия медицинского назначения, бытовая техника, информационные маяки, интеллектуальные игрушки и регистраторы данных.



Помимо узлов, выполняющих функции радиочастотного приемопередатчика и модема, устройство содержит DC/DC преобразо-

ватель и линейный регулятор напряжения, которые обеспечивают стабильную работу в широком диапазоне напряжений питания. В контроллер интегрированы маломощный передатчик и приемник с усилением, программируемым до 75 дБ, и чувствительностью до -90 дБм. Предусмотрен ряд режимов энергосбережения, включая спящий режим и режим пониженной мощности. Контроллером управляет процессор с ядром ARM Cortex-M0+, 64 Кбайт флеш-памяти и 8 Кбайт ОЗУ. Помимо входов/выходов общего назначения, микросхема имеет интерфейсы SPI, I<sup>2</sup>C, UART, UART и USART, а также 12-битный аналого-цифровой преобразователь. Высокая степень функциональной интеграции позволяет использовать устройство в широком диапазоне приложений и снизить общую стоимость систем.

BC32F7611 поставляется в 46-выводном корпусе QFN размером 6.5 мм × 4.5 мм, который хорошо подходит для миниатюрных однокристалльных приложений Bluetooth Low Energy.

## Analog Devices разработала новый широкополосный радиочастотный измеритель мощности и возвратных потерь

Analog Devices выпускает на рынок новую микросхему ADL5920, объединившую направленный мост и двухканальный детектор среднеквадратичной мощности для диапазона частот от 9 кГц до 7 ГГц, одновременно измеряющую уровни прямой и обратный среднеквадратичной мощности в трактах прохождения сигналов с потерями. С интегрированным направленным мостовым ответвителем новый детектор изменяет традиционные подходы, предоставляя лучшие в отрасли уровни интеграции и широкополосности. Объединение в одном приборе функций измерения и связи уменьшает размеры решения и позволяет напрямую подключать выход ADL5920 к входу точного аналого-цифрового преобразователя. При широкой полосе рабочих частот или при необходимости смены частот детектор ADL5920 не требует подбора нового направленного ответвите-

ля для каждой частоты. Этот высокоинтегрированный широкополосный прибор поможет сделать систему более компактной, а путь до рынка более коротким.



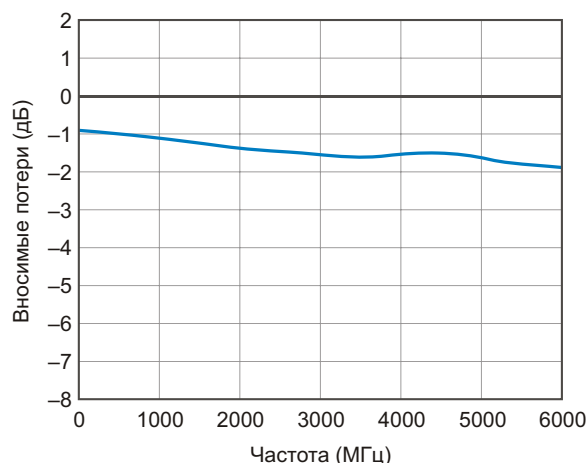


## Основные характеристики микросхемы ADL5920

- Измерение мощности с помощью направленного ответвителя в диапазоне частот от 9 кГц;
- Максимальный уровень входного сигнала +30 дБм с поддержкой разомкнутых и закороченных нагрузок;
- Потребляет 150 мА от источника питания 5 В;
- Поставляется в 32-контактном корпусе LFCSP размером 5 мм × 5 мм;
- Диапазон рабочих температур от -40 °С до +85 °С.

### Цена и доступность

В настоящее время предлагаются единичные образцы детекторов ADL5920. Начало массового производства запланировано на



Типовая зависимость вносимых потерь от частоты.

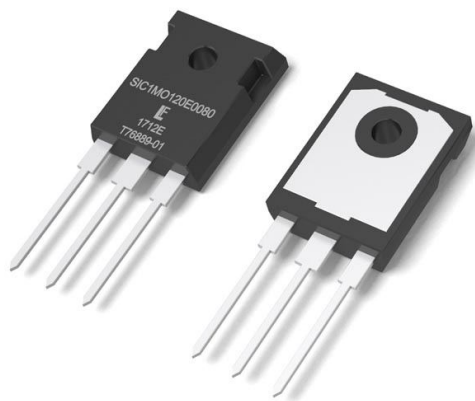
декабрь 2017 года. В партиях из 1000 приборов одна микросхема будет стоить \$14.50.

## Littelfuse вливается в ряды поставщиков карбид-кремниевых MOSFET

*Сочетание ультранизких коммутационных потерь, высокой эффективности и исключительной надежности, даже в условиях высоких рабочих температур*

Расширяя линейку полупроводниковых продуктов, компания Littelfuse представила свою первую серию карбид-кремниевых (SiC) MOSFET. В марте 2017 года Littelfuse сделала еще один шаг на пути к завоеванию лидерства в отрасли силовой полупроводниковой промышленности, став основным инвестором авторитетного разработчика технологии SiC, компании Monolith Semiconductor. Приборы серии LSIC1MO120E0080 с максимальным допустимым напряжением 1200 В и ультранизким сопротивлением открытого канала 80 мОм стали первыми SiC MOSFET, спроектированными и изготовленными в рамках этого партнерства. Устройство, оптимизированное для высокочастотных силовых приложений, обеспечивает комбинацию ультранизких коммутационных потерь и сверхвысоких скоростей переключения, недостижимую в решениях с обычными мощными транзисторами.

По сравнению с кремниевыми устройствами с такими же рабочими напряжениями, SiC MOSFET позволяют значительно повысить энергоэффективность, уменьшить размеры и вес и увеличить плотность мощности в силовых электронных системах. Кроме того, при-



боры отличаются исключительной надежностью, даже при эксплуатации в условиях высоких рабочих температур, достигающих 150 °С.

Типовыми приложениями для этих новых SiC MOSFET будут системы преобразования энергии, такие, как инверторы солнечных электростанций, импульсные источники питания, системы бесперебойного питания, драйверы двигателей, высоковольтные DC/DC преобразователи, зарядные устройства аккумуляторов и индукционные печи.

«Наша новая серия SiC MOSFET является важной вехой на пути, по которому мы вой-

дем в ряды ведущих поставщиков силовых полупроводниковых компонентов, – сказал Майкл Кеттер (Michael Ketterer), менеджер по маркетингу продуктов подразделения силовых полупроводников Littelfuse. – Наша сеть поддержки приложений SiC MOSFET готова помочь заказчикам повысить эффективность существующих проектов, а также помочь тем, кто разрабатывает новые преобразователи энергии».

Ключевыми преимуществами SiC MOSFET семейства LSIC1MO120E0080 являются:

- Сверхвысокая скорость переключения, повышающая КПД и увеличивающая плотность мощности;

- Меньшие потери переключения, позволяющие увеличивать рабочие частоты;
- Более высокие рабочие температуры, обеспечивающие большую надежность и расширяющие диапазон высокотемпературных приложений.

### Доступность

SiC MOSFET серии LSIC1MO120E0080 выпускаются в корпусах TO-247-3L и поставляются потребителям в пластиковых пеналах лотами по 450 штук. Заказать образцы новых транзисторов можно через глобальную сеть авторизованных дистрибьюторов Littelfuse.

## Diodes анонсирует новые TVS диоды для защиты линий данных высокоскоростных интерфейсов

Компания Diodes сообщила о начале серийного производства двух TVS диодов (супрессоров) с ультранизкими значениями входной емкости. D3V3X4U10LP и D3V3F4U10LP предназначены для защиты линий данных современных чувствительных систем на кристалле и совместимы с такими высокоскоростными стандартами интерфейсов, как USB, HDMI и DisplayPort.



Типовое значение обратного пробивного напряжения приборов равно 6.2 В, а пиковый

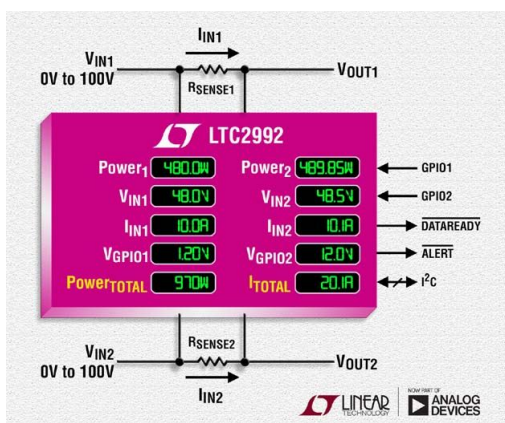
импульсный, в соответствии со стандартом IEC61000-4-5, может достигать 5 А. Супрессоры, согласно стандарту IEC61000-4-2, способны при непосредственном контакте и через воздушный промежуток выдерживать электростатические разряды до  $\pm 12$  кВ. Таким образом, параметры этих диодов превосходят все требования, предъявляемые к устройствам защиты от электростатических разрядов высокоскоростных интерфейсов, подобных USB Type-C. Ультранизкие канальные емкости с типовыми значениями 0.45 пФ ... 0.5 пФ обеспечивают хорошую целостность сигнала для надежной передачи данных по высокоскоростным интерфейсам.

Выпускаемые в «зеленом» корпусе DFN2501-10, эти устройства хорошо подходят для автоматизированного монтажа. При типовой высоте менее 0.58 мм приборы легко размещаются в системах с ограниченным пространством, таких как компьютеры и периферийные устройства, смартфоны, мониторы 4K/8K, аудио/видео оборудование, средства расширенной и виртуальной реальности и т. д.

## Двухканальный монитор потребляемой мощности Analog Devices измеряет напряжения и токи с точностью $\pm 0.3\%$

Analog Devices, недавно завершившая сделку по приобретению компании Linear Technology, объявила о выпуске широкодиа-

пазонного системного монитора потребляемой мощности с интерфейсом I<sup>2</sup>C, предназначенного для контроля шин питания с

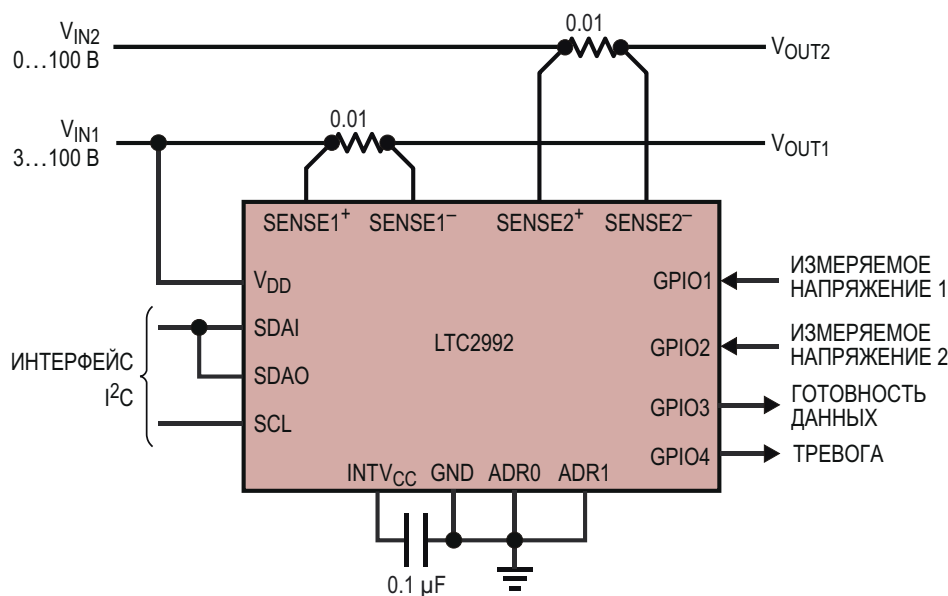


напряжением до 100 В без использования каких-либо дополнительных схем. Гибкая архитектура LTC2992 позволяет получать питание от контролируемой шины 3 В ... 100 В, от вторичного источника 2.7 В ... 100 В или от встроенного шунтового регулятора. Благодаря такому выбору, при мониторинге шин с любым напряжением от 0 В до 100 В отпадает необходимость во внешнем понижающем преобразователе, шунтовом регуляторе или неэффективном резистивном делителе. LTC2992 представляет собой простое решение на базе одной микросхемы, объединяющее три 12-битных сигма-дельта АЦП и умножитель, обеспечивающие 8- или 12-битную точность измерений тока и напряжения и 24-битные отсчеты мощности.

Широкий диапазон рабочих напряжений идеально подходит для использования LTC2992 во множестве различных приложений, и, прежде всего, в 48-вольтовом телекоммуникационном оборудовании, мезонин-

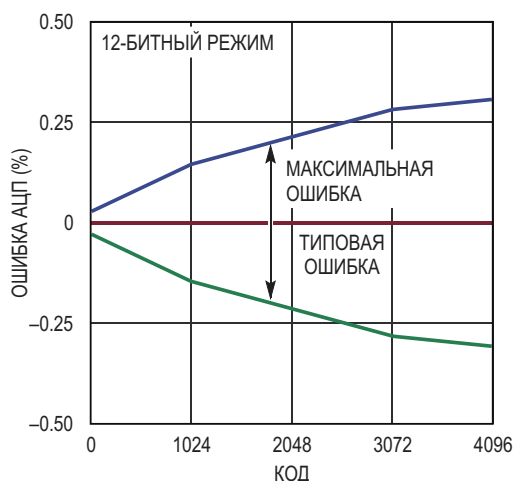
ных модулях формата АМС и блейд-серверах. Встроенный шунтовой регулятор может использоваться для источников питания с напряжением более 100 В и для контроля отрицательных шин питания. Либо непрерывно, либо по запросу LTC2992 выполняет измерение тока и напряжения, вычисляет значение мощности и сохраняет всю информацию, включая минимальные и максимальные значения, во внутренних регистрах, доступных по шине I<sup>2</sup>C. Для измерения дополнительных соседних напряжений четыре вывода общего назначения (GPIO) могут быть сконфигурированы входами АЦП. Общая нескорректированная ошибка измерений во всем температурном диапазоне не превышает 0.3%. Если какой-либо из параметров выходит за границы заданных пользователем порогов, LTC2992, в соответствии с протоколом SMBus, устанавливает флаги в регистре оповещений и на соответствующем выводе. Работающий на частоте 400 кГц интерфейс I<sup>2</sup>C имеет девять адресов, таймер сброса зависшей шины и расцепленный вывод SDA, упрощающий оптоизоляцию шины. Версия LTC2992-1 отличается инверсией данных на выводе I<sup>2</sup>C и используется в конфигурациях с инвертирующими оптоизоляторами.

LTC2992 и LTC2992-1 выпускаются в коммерческой, промышленной и автомобильной версиях, рассчитанных на работу в диапазонах температур 0 °С ... 70 °С, -40 °С ... 85 °С и -40 °С ... 125 °С, соответственно. Все доступные на сегодня версии приборов выпускают-



Двухканальный широкодиапазонный монитор потребляемой мощности.





Зависимость ошибки АЦП (GPIO) от выходного кода.

ся в 16-выводных корпусах DFN размером 4 мм × 3 мм и в 16-выводных корпусах MSOP, отвечающих требованиям директивы RoHS. При покупке 1000 микросхем цена одного монитора начинается от \$3.85.

## Сводка основных характеристик LTC2992

- Rail-to-Rail вход с диапазоном напряжений от 0 В до 100 В;
- Широкий диапазон напряжений питания: от 2.7 В до 100 В;
- Шунтовой регулятор для источников питания с напряжением более 100 В;
- Три сигма-дельта АЦП с общей нескорректированной ошибкой менее  $\pm 0.3\%$ ;
- Измерение токов и напряжений с 12-битным разрешением;
- Четыре вывода общего назначения, конфигурируемых как входы АЦП;
- Потребляемый ток в режиме останова менее 50 мкА;
- Интерфейс I<sup>2</sup>C;
- Расщепленный вывод SDA для удобства подключения оптоизоляторов;
- 16-выводной корпус DFN размером 4 мм × 3 мм и 16-выводной корпус MSOP.

## STMicroelectronics анонсирует лучший в своем классе водонепроницаемый датчик давления

- Рассчитанный на 10 бар датчик давления обеспечивает наивысшие в своем классе точность и стабильность измерений в новых носимых умных устройствах
- Основной элемент дизайна нового фитнес-трекера Samsung Gear Fit 2 Pro, запущенного в производство в августе 2017 г.
- Специальная конструкция кристалла и усовершенствованный состав водостойкого геля сокращают время восстановления и ускоряют путь от фабрики до магазина

Выпустив на рынок новейший миниатюрный датчик давления, уже использованный компанией Samsung в ее последнем умном браслете Gear Fit 2 Pro, STMicroelectronics подняла точность подводных измерений на качественно новый уровень.

### 10-bar water-resistant MEMS pressure sensor



По мере того, как умные часы и носимые фитнес-трекеры все плотнее вплетаются в ткань повседневной жизни, у их владельцев появляется желание идти дальше, и использовать эти устройства для контроля дополнительных видов деятельности, таких, например, как плавание. Gear Fit 2 Pro компании Samsung – умный браслет последнего поколения – поддерживает эти тенденции такими функциями, как встроенный GPS приемник, постоянный контроль сердечной деятельности и увеличенный объем встроенной памяти, чтобы делать еще больше, даже в отсутствие подключения к смартфону. Новый водонепроницаемый датчик давления LPS33HW устойчив к таким химическим веществам, как хлор, бром и соленая вода, а также противостоит мылам или моющим средствам, используемым при мытье или чистке.



Фитнес-трекер Gear Fit 2 Pro  
компании Samsung.

Носимые устройства еще только начинают плавать, а водонепроницаемые датчики давления создают проблемы, выходящие за рамки простой защиты электроники. LPS33HW не только точнее других приборов, но и помогает продуктам OEM-производителей быстрее оказаться на полках магазинов за счет сокращения времени восстановления после тепловых перегрузок в процессе производства. Чтобы вернуться к максимальной точности после выхода с производственной линии, другим датчикам может потребоваться до семи дней, но устройства, содержащие LPS33HW, будут готовы к работе менее чем за половину этого времени. Добиться таких результатов удалось благодаря высокопроизводительному встроенному процессору и усовершенствованному составу водостойкого геля, заполняющего объем датчика.

Помимо носимых устройств и другой потребительской электроники, выигрыш от надежности и высокой точности LPS33HW получают и другие приложения, включая промышленные датчики и счетчики учета потребления. При допустимом давлении 10 бар датчик может выдерживать погружение на глубину до 90 метров, а очень низкий уровень среднеквадратичного шума давления, равный всего 0.008 мбар, позволяет таким приложениям, как высотомеры, глубиномеры или мониторы погоды, выдавать достоверные и стабильные результаты. Дрейф точности датчика составляет менее  $\pm 1$  мбар в год.

При монтаже на печатную плату в процессе производства конечного изделия точность прибора падает менее чем на  $\pm 2$  мбар и возвращается к нормальному значению менее чем за 72 часа – значительно быстрее, чем у аналогичных водостойких датчиков давления.

LPS33HW уже выпускаются серийно в цилиндрическом металлическом корпусе размером 3.3 мм × 3.3 мм × 2.9 мм, пригодном для использования с кольцевыми уплотнителями. В партиях из 1000 приборов датчики продаются по цене \$4.50 за штуку.



## Diodes выпускает новый универсальный однокаскадный повышающе-понижающий драйвер светодиодов

Компания Diodes сообщила о выпуске новой микросхемы AL1673 – высокоэффективного однокаскадного драйвера/ преобра-



зователя, предназначенного для использования в обратноходовой и повышающе-понижающей топологиях в приложениях регулируемого светодиодного освещения. Устройство работает в режиме граничной проводимости, обеспечивающем низкий уровень электромагнитных излучений и высокий КПД.

AL1673 поддерживает несколько режимов диммирования. При постоянном напряжении 0.3 В...2.4 В на входе APWM устройство работает в режиме аналогового регулирования. При подаче на вход APWM цифрового сигнала драйвер работает в режиме ШИМ-регулирования.

AL1673 потребляет очень низкие токи, как при запуске, так и в рабочем режиме. В микросхеме интегрированы цепи защиты от повышенного напряжения, короткого замыкания, перегрузки по току и перегрева.

Микросхема AL1673, поставляемая в корпусе SO-8EP, имеет встроенный 600-вольтовый MOSFET с максимальным допустимым током 2 А.

### Области применения

- Драйверы светодиодов общего назначения с функцией диммирования;
- Источники постоянного тока общего назначения;
- Умные системы светодиодного освещения.

### Особенности

- Коммутация при минимуме напряжения для снижения потерь переключения;
- Низкий пусковой ток;

- Высокий коэффициент мощности, низкий уровень общих нелинейных искажений;
- Высокий КПД;
- Высокая точность установки выходного тока;
- Высокая точность поддержания выходного напряжения холостого хода;
- Интегрированный MOSFET 600 В/2 А;
- Поддержка двух режимов диммирования;
- Диапазон ШИМ диммирования при частоте ШИМ 1 кГц: от 3% до 100%;
- Диапазон аналогового диммирования: от 18% до 100%;
- Внутренние цепи защиты:
  - от пониженного напряжения,
  - от повышенного напряжения,
  - от короткого замыкания,
  - от перегрузки по току,
  - от перегрева;
- Корпус SO-8EP.

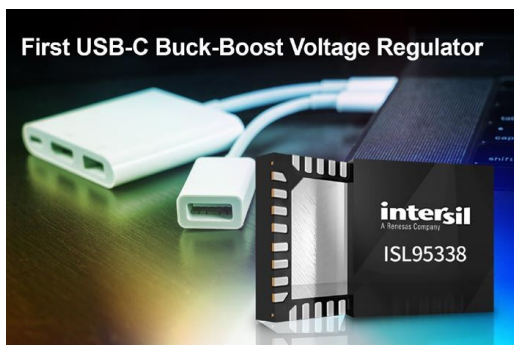
## Intersil представляет первый повышающе-понижающий регулятор напряжения для USB-C

*Однокристальное решение ISL95338 заменяет два преобразователя, обеспечивая двунаправленное регулирование напряжения для планшетов, ультрабуков и внешних аккумуляторов*

Компания Intersil, подразделение корпорации Renesas Electronics, выпустила первый в отрасли понижающе-повышающий регулятор напряжения для планшетов, ультрабуков, внешних аккумуляторов и других мобильных устройств, в которых используются двухсторонние разъемы USB Type-C. Двухнаправленный регулятор напряжения ISL95338 может получать энергию от широкого диапазона источников питания постоянного тока – AC/DC адаптеров, портов USB PD (PD3.0), внешних аккумуляторов – и преобразовы-

вать ее в стабилизированное напряжение до 24 В. Кроме того, ISL95338 способен преобразовывать напряжение разнообразных источников постоянного тока в стабилизированные 20 В на входе подключения адаптера питания. ISL95338 поддерживает экосистему USB-C понижающим, повышающим и понижающе-повышающим режимами, обеспечивая достаточную гибкость, чтобы использоваться в любых приложениях управления питанием USB-C.

Однокристальное устройство ISL95338 заменяет два преобразователя напряжения, использовавшихся до настоящего времени для двухнаправленных понижающих и повышающих преобразований, позволяя потребителям вдвое сократить количество необходимых компонентов. В устройстве используется запатентованная Intersil технология модуляции R3, гарантирующая отсутствие акустических шумов, высокий КПД при легких нагрузках и сверхбыстрый отклик на переходные процессы. Технология R3 увеличивает





срок службы батарей благодаря увеличению КПД мощности за счет сочетания лучших характеристик ШИМ модуляции с фиксированной частотой импульсов и гистерезисного режима. ISL95338 совместима также со стандартом USB 3.1 и поддерживает последовательный обмен по шине SMBus/I<sup>2</sup>C, позволяя разработчикам программировать несколько значений входных и выходных токов и скорость нарастания напряжений.

Регулятор ISL95338 полностью совместим со стандартом USB PD3.0 и поддерживает быструю зарядку программируемых источников питания в двунаправленных понижающем, повышающем или понижающе-повышающем режимах. Для создания многопортового зарядного устройства USB-C несколько микросхем ISL95338 можно объединить с помощью понижающе-повышающего контроллера заряда ISL9238. Для создания законченной системы питания для USB-C ISL95338 может также использоваться с контроллером USB PD R9A02G011 и с измерителем уровня заряда RAJ240045.

### Ключевые особенности и характеристики ISL95338

- Двунаправленное понижающее, повышающее и понижающе-повышающее преобразование;

- Выходное напряжение в прямом режиме до 20 В при входных напряжениях от 3.8 В до 24 В без мертвой зоны при смене режимов;
- Частота переключения до 1 МГц с автоматическим снижением при переходе схемы зарядки в режим прерывистой проводимости;
- Программируемые параметры мягкого запуска;
- Выход внутреннего LDO регулятора для питания выводов VDD и VDDP;
- Функции оповещения о статусе системы;
- Транзитный режим в обоих направлениях, прямой и обратный режимы;
- Быстрое переключение направления преобразования;
- Двунаправленные цепи разряда внешних конденсаторов;
- Совместимость с SMBus и I<sup>2</sup>C с автоинкрементом указателя;
- Полная защита от пониженного и повышенного напряжения, перегрузки по току и перегрева.

### Цены и доступность

Понижающее-повышающий регулятор напряжения ISL95338 доступен в корпусе TQFN размером 4 мм × 4 мм, и в партиях из 1000 приборов продается по цене \$3.36 за штуку.

# Десять лучших альтернатив Raspberry Pi и Pi 2

Веебот

**R**aspberry Pi и Pi 2 штурмом захватили мир одноплатных компьютеров, благодаря своей простоте, мобильности и доступности став великолепным устройством для энтузиастов и детей. Но не всем нужна именно Pi. Если требуется что-то, немного отличающееся от Raspberry Pi, вы можете выбрать подходящую плату из большого списка альтернатив.

Прежде чем приступать к перечислению, посмотрим, что именно дает вам Raspberry Pi, и что может побудить вас выбрать другой одноплатный компьютер. На плате Raspberry Pi Model B размещены 4-ядерный процессор с тактовой частотой 900 МГц, 1 Гбайт ОЗУ, четыре порта USB, полный порт HDMI, порт Ethernet, интерфейсы камеры и дисплея, слот для карты microSD и графический процессор. Плата может работать как под Linux, так и под Windows 10, и стоит около \$35.

Raspberry Pi первого поколения по-прежнему доступны, но их характеристики довольно далеки от Pi 2: процессор 700 МГц, ОЗУ 256 или 512 Мбайт и всего один или два порта USB. У некоторых из ранних моделей нет порта Ethernet, так что подключить их к сети Интернет вы не сможете. Pi 2 – это во всех отношениях значительный шаг вперед.

Так зачем же нам может понадобиться что-то другое, кроме Raspberry Pi? Основная причина в том, что существует огромное количество более мощных и производительных плат. Они имеют более быстрые процессоры, больше памяти, более совершенные графические процессоры и больше разъемов. В

одних есть встроенный Wi-Fi, в других гигабитный Ethernet, а в нескольких платах даже есть встроенные накопители весьма серьезного объема. Если вашему проекту понадобится больше, чем голые кости компьютера, выбор другой платы может оказаться хорошей идеей. И, конечно же, всегда доставляет удовольствие использовать что-то, выходящее за рамки мейнстрима.

## Лучшие альтернативы Raspberry Pi и Pi 2

### 1. BeagleBone Black (\$30)

«Загрузив Linux быстрее, чем за 10 секунд, не позднее, чем через 5 минут, вы уже начнете разработку, подключив лишь один кабель USB», – обещает веб-сайт BeagleBone. С этим трудно спорить. К плате прила-

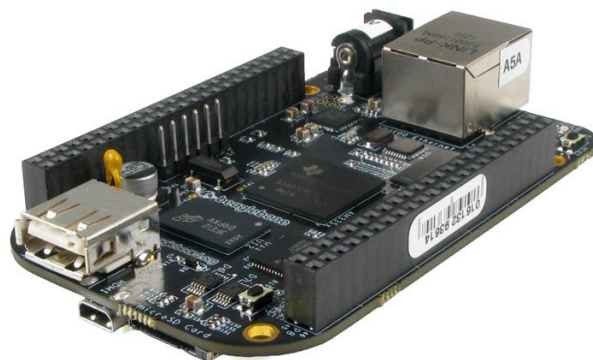


Рисунок 1. BeagleBone Black.

гаются дистрибутивы Debian, Ubuntu и Android, и разработчики найдут для нее множество применений.

Процессор 1 ГГц, 512 Мбайт ОЗУ, встроенный накопитель 4 Гбайт, 3D графический ускоритель и порт mini-HDMI означают, что вы можете превратить BeagleBone Black в портативную игровую консоль, автоматизатор задач, контроллер робота и многое другое. У BeagleBone даже есть огромный депо-зиторий проектов, дополненных описаниями и инструкциями, которым вы можете пользоваться с помощью платы. Встроенный накопитель делает плату более автономной, чем Raspberry Pi, которой для хранения данных требуется карта SD.

## 2. ODROID-C1+ (\$48)

ODROID называет свою плату C1+ «самый мощный из имеющихся дешевых одноплатных компьютеров», и, возможно, они правы. В том, что касается цены, она, безусловно, вне конкуренции. А тот факт, что плата работает под Ubuntu, Fedora, ARCHLinux, Debian и OpenELEC делает ее в высшей степени универсальной для столь маленького устройства. Она также имеет встроенную поддержку Android, а это означает, что вам не придется взламывать ее, как это было бы с Pi.



Рисунок 2. ODROID-C1+.

Но не обманывайтесь маленькими размерами; под капотом вы найдете четырехъядерный процессор с тактовой частотой 1.5 ГГц, графический процессор Mali, 1 Гбайт ОЗУ, гигабитный Ethernet, пять портов USB, слот карты microSD, порт HDMI и инфракрасный приемник. Кроме того, плата имеет несколько контактов ввода/вывода, что дела-

ет ее эффективным электронным устройством для макетирования. Одна из самых крутых особенностей ODROID-C1+ – ее совместимость с Hi-Fi платой ODROID, которая представляет собой цифро-аналоговый преобразователь, призванный помочь вам воспроизводить цифровой звук на винтажном Hi-Fi оборудовании.

## 3. UDOO Dual Basic (\$99)

Несмотря на то, что Dual Basic является самой маленькой платой в линейке компании UDOO, ей все же есть, чем гордиться. Процессор 1 ГГц, 1 Гбайт ОЗУ, 2D и 3D графические ускорители, выход HDMI, два порта micro-USB, два порта USB-A, встроенный считыватель SD карт, а также аудио и микрофонные порты позволят вам получить от этой крошечной платы практически все, что вы захотите. Даже расположение контактов платы совместимо с Arduino.

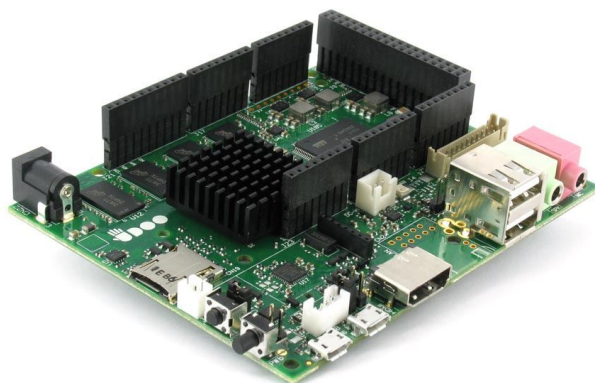


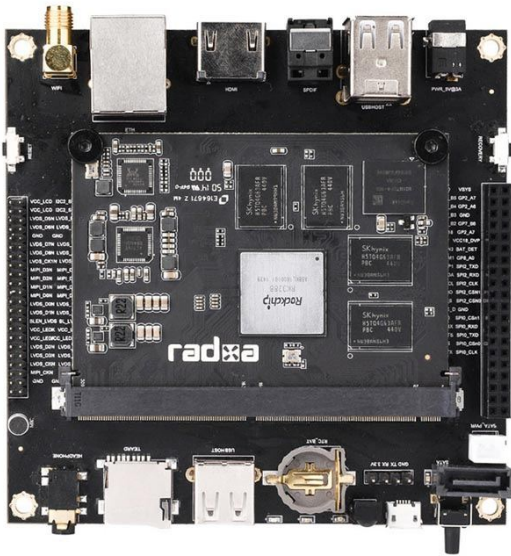
Рисунок 3. UDOO Dual Basic.

Хотя пока что Dual Basic остается лучшим решением среди плат UDOO, в скором времени ее превзойдет UDOO Neo, которая объединит в себе функциональность Raspberry Pi и Arduino, но дополнительно получит 9-осевой инерциальный датчик, Wi-Fi и приемник Bluetooth. Цена платы, успешно профинансированной на Kickstarter, но пока еще недоступной, будет начинаться от \$50. Когда это случится, не исключено, что Neo будет лучшим одноплатным компьютером.

## 4. Radxa Rock2 Square (\$100)

Если вам нужно немного большей производительности, ее сможет обеспечить Rock2. Четырехъядерный процессор 4 ГГц, 2 или 4 Гбайт ОЗУ, 16 или 32 Гбайт твердотельного накопителя, совместимость с жестким дис-





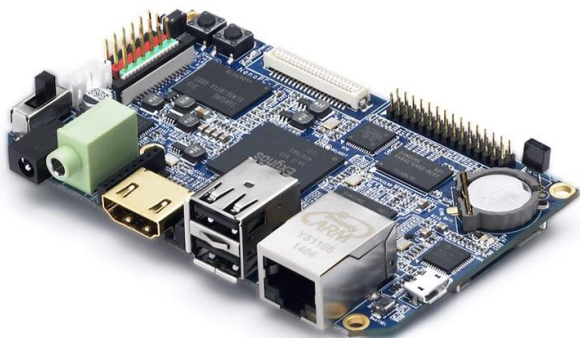
**Рисунок 4.** Radxa Rock2 Square.

ком 2.5" SATA, Bluetooth 4.0, порт HDMI, порт Ethernet, порт наушников, ИК приемник и слот карты SD – все это в стандартной комплектации. Сделав немного небольших изменений, вы даже можете подключить жесткий диск 3.5". Когда речь заходит о мощности и универсальности, Pi остается далеко позади.

Хотя изначально серия Rock делалась под Android, с равным успехом платы могут работать и под Linux, и под Firefox OS, предоставляя вам массу вариантов того, что вы сможете сделать и изучить. Особенно интересна Kali Linux, поскольку эта система часто используется для проведения тестов на проникновение и может запускаться на платах серии Rock, делая Rock2 потенциально очень полезным небольшим устройством.

### 5. NanoPC-T1 (\$67)

Если вы ищете дешевый способ приобщения к миру микрокомпьютеров, возможно, удачным претендентом окажется NanoPC-



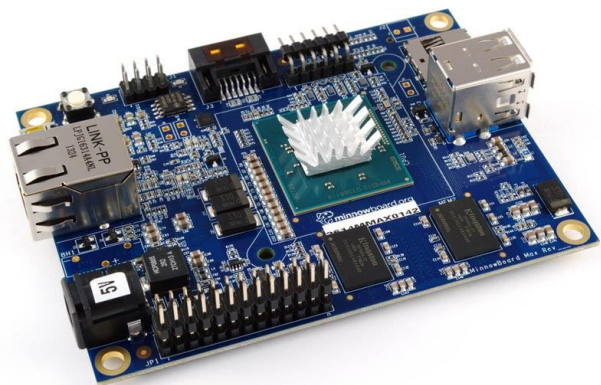
**Рисунок 5.** NanoPC-T1.

T1. Четырехъядерный процессор Samsung с тактовой частотой 1.5 ГГц, 1 Гбайт ОЗУ, 8 Гбайт внутреннего накопителя, порты HDMI и аудио, три порта USB, порт Ethernet, слот SD карты, а также поддержка Linux и Android означают, что вам будет сложно создать простой проект, который будет не по силам NanoPC.

К тому же, плата поддерживает добавление сенсорного ЖК экрана с платой адаптера и камерой – стандартной, или высокого разрешения, – открывая богатые возможности для ваших проектов. На ней можно сделать сенсорную игру, домашнюю систему безопасности или что-нибудь еще, что придет вам в голову. Кроме того, NanoPC по очень приятным ценам продает множество аксессуаров и полезных модулей. И не забудьте про дополнительный модуль Wi-Fi, который можно купить за \$25!

### 6. MinnowBoard MAX (\$145)

Фактически доступны две версии MinnowBoard MAX: за \$140 и за \$100. За дополнительные \$40 вы получите два гигабайта ОЗУ вместо одного, но все остальное для обеих версий одинаково: двухъядерный процессор 1.33 ГГц, графический процессор Intel с выходом HDMI, два порта USB, разъем SATA2 для подключения жесткого диска и разъем Ethernet.



**Рисунок 6.** MinnowBoard MAX.

Хотя вариант это и не самый выгодный – платы UDOO предлагают по намного более высокой цене, – готовящиеся к выпуску расширения, (известные как «приманки») в глазах некоторых разработчиков могут сделать UDOO соперником другим платам. Тот факт, что предлагается подключение к жесткому диску, также может быть очень привлекатель-

ным для многих потенциальных пользователей, поскольку это то, чего вы не получаете с Raspberry Pi и многими другими одноплатными компьютерами.

## 7. ODROID-XU4 (\$120)

Еще одна мощная плата, предлагаемая ODROID, – XU4 – одна из всего лишь двух плат в нашем списке, имеющая 2-гигагерцовый восьмиядерный процессор (вдвое быстрее, чем Pi!), которая к тому же стоит намного меньше своих аналогов. С учетом наличия портов USB 3.0 эта небольшая плата может использоваться для выполнения довольно сложных вычислений. Однако потребляемая платой мощность настолько велика, что вместо простого радиатора XU4 требует установки охлаждающего вентилятора.



Рисунок 7. ODROID-XU4.

Описание этого красивого компьютера завершают ОЗУ 2 Гбайт, порты USB, слот microSD, гигабитный Ethernet и порт HDMI, делающие его действительно отличным. Плата может работать под Linux или Android, включая последнюю версию Android 5.0. И вы можете легко расширить возможности компьютера с помощью нескольких замечательных дополнительных плат, предлагаемых ODROID.

## 8. pcDuino4 STB (\$25)

Одно из наиболее распространенных применений Raspberry Pi – использование платы в качестве менеджера медицентра с поддержкой систем, подобных кроссплатформенному медиаплееру Kodi. Если вам не нужно ничего, кроме взаимодействия с ваши-



Рисунок 8. pcDuino4 STB.

ми медиа и телевизором, pcDuino4 будет отличным выбором. Это очень маленькая плата без лишних наворотов: четырехъядерный процессор, работающий на частоте 1.6 ГГц, графический процессор Mali, 1 Гбайт ОЗУ (общего для обоих процессоров), флеш-накопитель 8 Гбайт, модуль Wi-Fi и способность выводить сигналы HD и 4K видео на разъем порта HDMI. Плата pcDuino4 поставляется с пультом дистанционного управления, с помощью которого, воспользовавшись ИК-приемником, вы сможете полноценно управлять своими медиаресурсами. Для тех, кто планирует использовать плату с более старым телевизионным приемником, предусмотрен выход AV. В общем, если вы ищете одноплатный компьютер для телевизионной приставки, конкурировать другой плате со сверхнизкой стоимостью pcDuino4 будет сложно.

## 9. Banana Pi (\$35)

Очень похожий на Raspberry Pi, одноплатный компьютер Banana Pi даже может выводить изображение малины на заставку, заставляя ваш компьютер думать, что на

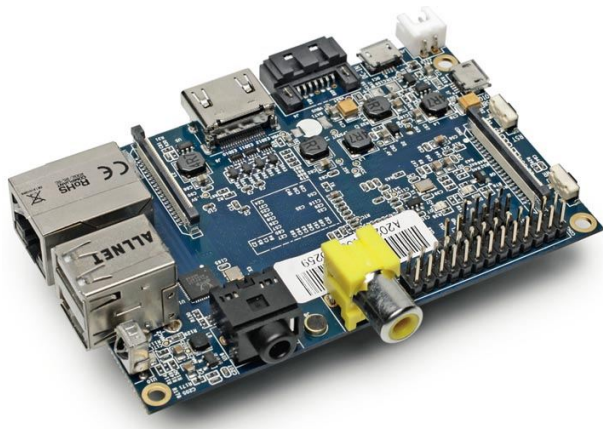


Рисунок 9. Banana Pi.



самом деле он Raspberry Pi. Если не принимать во внимание другое имя, плата демонстрирует довольно привычную статистику: четырехъядерный процессор с тактовой частотой 1 ГГц, 1 Гбайт оперативной памяти, порт HDMI, порт Gigabit Ethernet, порт SATA и три порта USB. Опять же, если к своей плате вы хотите добавить жесткий диск, Raspberry Pi вам этого не позволит, так что ставка на Banana Pi может быть более удачной.

Эту плату Banana Pi продвигает на рынок как мощную стартовую платформу к созданию собственных компьютеров, а универсальность платы, безусловно, делает ее хорошим выбором для новичков. Хотя она и не так дешева, как некоторые другие варианты, все же плата находится в нижней части ценовой шкалы и поддерживается множеством хорошо документированных проектов, которые вы можете использовать для начала работы.

### 10. Cubieboard4 (\$144)

При одном из самых больших ценников в этом списке, вы ожидаете получить от Cubieboard4 соответствующие характеристики, – и это действительно так. Двухгигагерцовый восьмиядерный процессор дополнен 2 Гбайт ОЗУ, встроенным накопителем до 64 Гбайт, выходом видео 1080p и 4K, Wi-Fi 300 Мбит/с, Bluetooth 4.0 и прозрачным пластиковым корпусом. Если вы хотите сделать что-то с одноплатным компьютером, скорее всего, с Cubieboard вы это сделаете.

Способность поддерживать видео разрешения 4K означает, что эта плата может быть прекрасным менеджером медиацентра, но все же намного лучше использовать 2-гигагерцовый процессор для игр, автоматизации или других творческих проектов. Хотя плата Cubieboard довольно новая, и примеров проектов, как и документации, пока недостаточно, если вы уверены в своих навыках, она может быть прекрасным выбором.

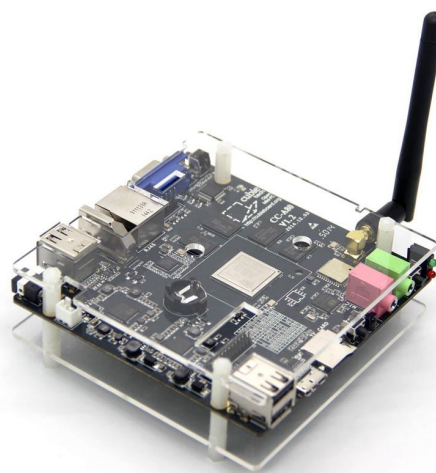


Рисунок 10. Cubieboard4.

Во многом похожая на Radxa Rock, плата Cubieboard отличается от Raspberry Pi значительно более мощными компонентами – от процессора до Wi-Fi.

### Целый новый мир одноплатных компьютеров

Многие думают, что Raspberry Pi является единственным одноплатным компьютером, но на самом деле их так много! От ультрадешевых плат, лучше всего работающих в качестве менеджеров медиацентров, до более дорогих, способных управлять играми и экранами, – любой начинающий разработчик или радиолобитель может найти плату, которая соответствует его потребностям.

Еще две платы, заслуживающие почетного упоминания в нашем перечне альтернатив Raspberry Pi и Pi 2, – это C.H.I.P. – компьютер стоимостью \$9, который работает под LibreOffice и позволяет просматривать веб-страницы через Wi-Fi, и Onion Omega – одноплатный компьютер, размеры которого составляют всего 25% от размеров Raspberry Pi. Крошка связана с облаком и позволяет использовать языки программирования высокого уровня. Это будет хитом. **РЛ**



# Что будет дальше с Arduino?

Maria Guerra

Electronic Design

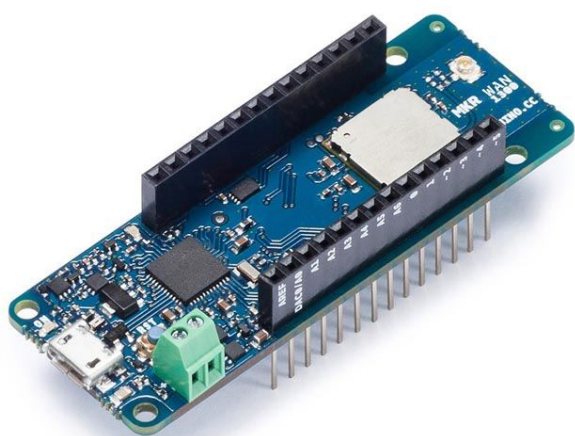
*Во время посещения проходившей в Нью-Йорке выставки Maker Faire соучредитель Massimo Банци (Massimo Banzì) остановился возле офиса Electronic Design, чтобы рассказать о будущем Arduino*

**A**rduino – открытая электронная платформа для быстрого прототипирования, помогающая макетировать и создавать свои проекты инженерам-электронщикам, намеревающимся превратить их в коммерческие продукты. Это также отличный инструмент для студентов или людей, не имеющих знаний в области электротехники – они могут изучать микроконтроллеры и программирование, используя наборы и библиотеки Arduino.

В настоящее время внимание Arduino в большей степени направлено на Интернет вещей (IoT). Серия плат MKR предоставляет

различные варианты подключения к сети и управления питанием, что побуждает людей использовать их в качестве единого стандартного формата для проектов IoT. Платы MKR могут повысить уровень стандартизации процесса проектирования, облегчая жизнь разработчика, пытающегося продать свой конечный продукт на рынке. Многие конструкторы и изготовители, вероятно, воспользуются возможностью использовать один формат для своих проектов IoT.

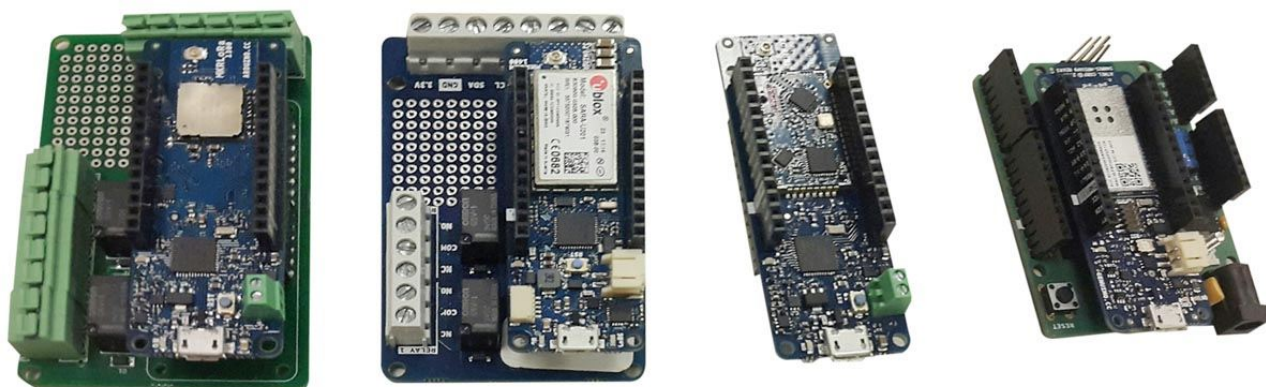
В семействе Arduino уже есть плата с Wi-Fi, плата без связанных интерфейсов и плата



**Рисунок 1.** Новая плата Arduino MKR WAN 1300 основана на микроконтроллере Atmel SAM D21 с 32-битным ядром ARM Cortex-M0+.



**Рисунок 2.** Плата Arduino MKR GSM 1400 содержит микроконтроллер Atmel SAM D21 и GSM модуль SARA-U201.



**Рисунок 3.** Слева направо показаны платы LoRa, GSM, Sigfox и Wi-Fi.

Sigfox (все с открытой документацией). Массимо Банци сообщил нам на Maker Faire, что Arduino начала производство двух новых плат: MKR WAN 1300 и MKR GSM 1400. Обе платы исключительно компактны и имеют размеры всего 67.64 × 25 мм.

MKR WAN 1300 поддерживает технологию LoRa (малопотребляющий беспроводной протокол для проектов IoT) и способна питаться от двух 1.5-вольтовых батареек типоразмеров AA или AAA, или от внешнего источника 5 В, подключенного через интерфейс USB (Рисунок 1). Плата MKR GSM 1400 с модулем 3G GSM предназначена для проектов, требующих подключения в любой точке мира (Рисунок 2). Она создавалась в партнерстве с u-blox для глобальной связи 3G, и помимо GSM модуля SARAU201, выпускаемого этой компанией, содержит микроконтроллер Atmel SAMD21.

Банци сказал: «Идея заключается в том, чтобы многократно использовать один и тот же формат при изготовлении широкого спектра модулей, шилдов, адаптеров, материнских плат и т. д.». В разработке у Arduino есть еще пара плат, которые скоро увидят пользователи. «С этими четырьмя платами, – добавил Банци, – мы охватываем большинство случаев использования» (Рисунок 3).

На вопрос о риске взлома устройств IoT он ответил: «Безопасность – это инвестиции. Вы вкладываете деньги в зависимости от того, насколько важно для вас то, что вы пытаетесь защитить». Он объяснил, как обеспечивается безопасность новых устройств IoT: «Каждый чип имеет собственные механизмы шифрования и аутентификации, поэтому в основном все пароли, которые будут использовать-

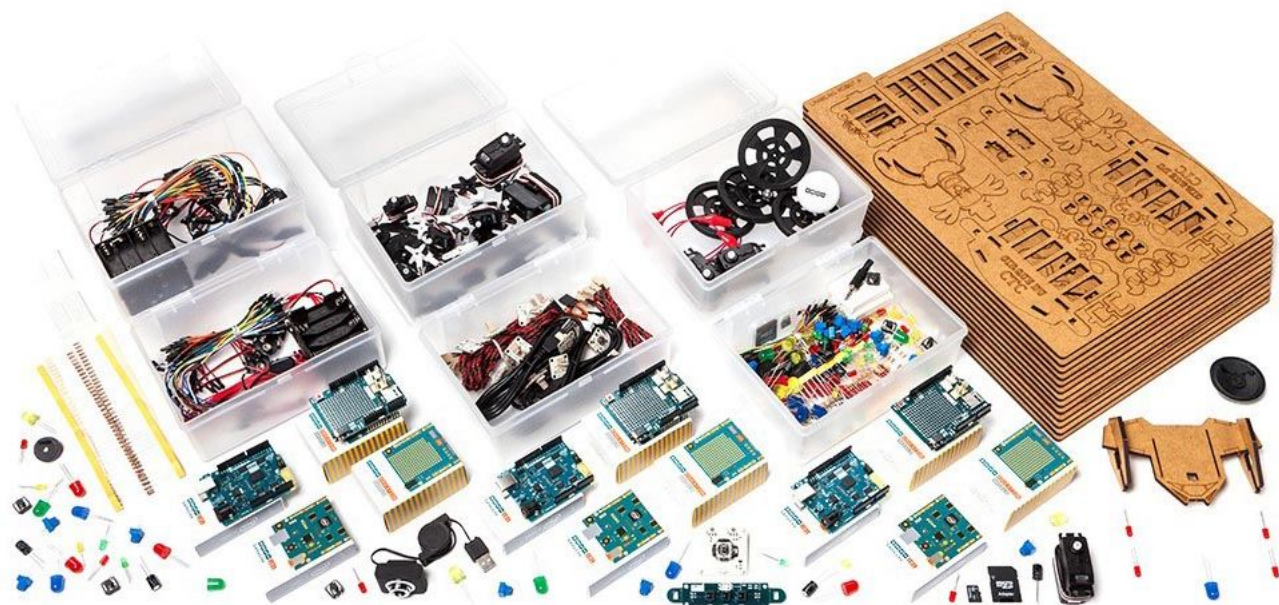
ся для доступа к облачному сервису, не хранятся в коде; в действительности, они хранятся в чипе».

Для части облака Arduino использует веб-сервисы Amazon, надежно защищенные их сайтом. Когда плата хочет подключиться к сети, соединение фактически создается без видимого пароля в коде.

Банци сказал также, что Arduino сейчас разрабатывает облачную платформу. Некоторые части облачной платформы общедоступны в среде разработки Arduino через браузер, получивший название Arduino Create, который позволяет писать коды, получать доступ к содержимому, конфигурировать платы и обмениваться проектами. С помощью Arduino Create можно, используя лишь браузер, программировать все облачные модули, превращая их в устройства, программируемые дистанционно. Чтобы сделать программное обеспечение доступным для всех платформ, Arduino собирается работать совместно с сообществом своих пользователей. Те, кто не хотят использовать среду разработки Arduino, могут выбрать любой редактор и любое облако.

Кроме того, Arduino стремится расширить возможности преподавателей, сблизив обучение с практикой с помощью необходимых аппаратных и программных инструментов. Однако, по словам Банци, одной из самых больших проблем, с которыми сталкивается его компания при попытке использования Arduino в школах, является то, что очень трудно найти учителей, желающих создать класс Ардуино.

Чтобы помочь и без того занятым преподавателям, Arduino разработала программу,



**Рисунок 4.** Набор STC KIT 101 содержит более 25 практических экспериментов различной степени сложности, рассчитанных на разный уровень подготовки.

названную Креативные технологии для классов (Creative Technology for the Classrooms – СТС). Программа СТС рассчитана на срок от 12 до 19 недель. В ней есть раздел, посвященный обучению преподавателей правильной методике изложения материала. В программу, ориентированную на учащихся в возрасте от 13 до 17 лет, включены такие разделы, как программирование Arduino, робототехника и многое другое. После того, как ученики заканчивают работу над своим проектом, предлагается организовывать мероприятия для показа и обсуждения результатов.

В настоящее время эта программа доступна в Англии, Испании, Италии и Швеции. В зависимости от страны, приобретением клас-

сных комплектов у Arduino и поставкой их в школы могут заниматься либо местные компании, либо, в некоторых случаях, сами школы. Содержащихся в наборе компонентов достаточно для 20 учащихся, причем, зарегистрировавшись с помощью кода, ученики могут работать над проектами онлайн. Преподаватель также имеет свою платформу для онлайн обучения. В течение недель реализации программы преподаватели могут посещать вебинары, чтобы прояснить любые вопросы и решить любые проблемы. Содержание программы Arduino старается сделать гендерно-нейтральным, чтобы привлечь к ней внимание и мальчиков, и девочек. В США классный комплект доступен под названием СТС KIT 101 (Рисунок 4). **РЛ**



# Откуда появились базовые схемы преобразователей

## Часть 2

Окончание. Начало в номере 09-2017

Александр Русу, Одесса, Украина

### Способы уменьшения размеров дросселя

Итак, поскольку дроссель в большинстве случаев является самым габаритным элементом преобразователя, нужно пытаться каким-то образом его уменьшить. Первый путь очевиден – увеличение частоты преоб-

разования  $f_{пр}$ . В этом случае энергия будет преобразовываться более часто, но меньшими порциями, и для преобразователя потребуется дроссель меньших размеров. Но из-за неидеальности реальных компонентов с ростом частоты увеличиваются и потери преобразования, поэтому до бесконечности увеличивать  $f_{пр}$  нельзя.

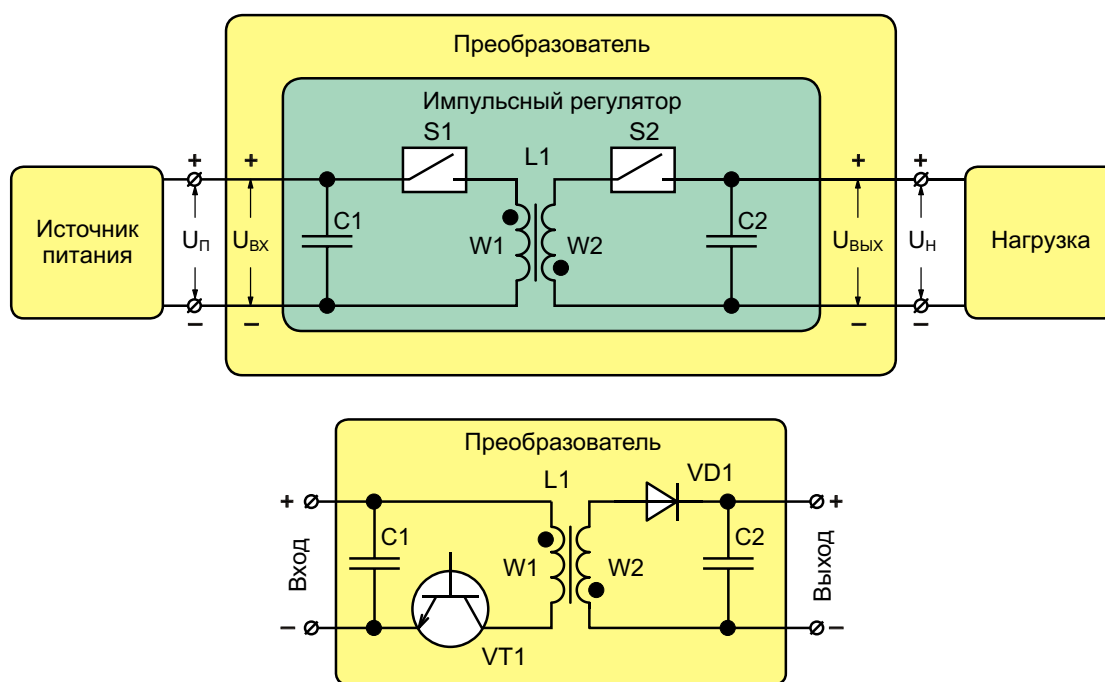


Рисунок 5. Обратногоходовой преобразователь.

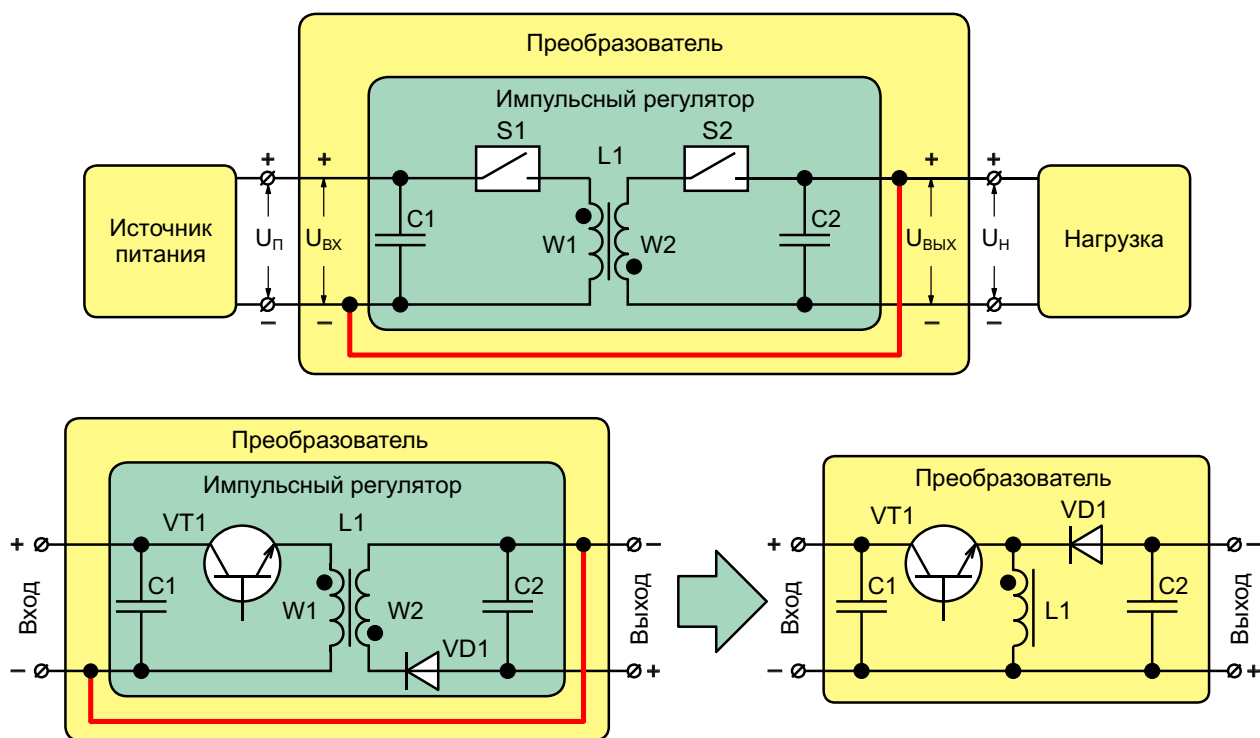


Рисунок 6. Инвертирующий преобразователь.

А можно ли преобразовывать не всю энергию, потребляемую нагрузкой, а только ее часть? Оказывается можно, но для того чтобы понять этот механизм, нужно ввести дополнительные определения. Для начала нам необходимо как-то назвать узел, который будет «преобразовывать энергию в преобразователе». Назовем его «импульсный регулятор» (ИР), подразумевая, что этот узел не только преобразует энергию импульсами, но еще и может регулировать скорость ее передачи. Также потребуются ввести понятие «преобразуемая мощность» – это количество энергии, проходящее через магнитное поле дросселя за единицу времени. Преобразуемая мощность соответствует мощности импульсного регулятора  $P_{ИР}$ , поэтому формула (6) в окончательном виде примет вид:

$$V \frac{2 \cdot U_{ЭКВ}}{f_{ПР} \cdot B_{МАХ}^2} P_{ИР} \cdot \quad (7)$$

Изобразим схему Рисунка 2 с учетом новых определений (Рисунок 5). На первый взгляд, кроме усложнения схемы ничего не произошло. Но схема Рисунка 5 показывает, что вход и выход виртуального импульсного регулятора в реальном обратноходовом преобразовате-

ле непосредственно подключены, соответственно, к его входу и выходу. При таком включении вся энергия от источника питания в нагрузку проходит через ИР, поэтому:

$$P_{ИР} = P_{Н}, \quad (8)$$

и возможности уменьшить ее количество, а значит и габариты дросселя, для этой схемы нет.

Если обратноходовой преобразователь не должен обеспечивать гальваническую развязку, а напряжения питания  $U_{П}$  и нагрузки  $U_{Н}$  имеют противоположные знаки, то схему Рисунка 5 можно упростить. Для этого необходимо одну из входных клемм ИР соединить с выходной так, как показано на Рисунке 6. Если количество витков обмоток  $W1$  и  $W2$  одинаково, то двухобмоточный дроссель можно заменить однообмоточным, и в результате получить классическую схему инвертирующего преобразователя. В инвертирующей схеме, как и в обратноходовой, вся энергия проходит через дроссель ( $P_{ИР} = P_{Н}$ ) без какой-либо возможности уменьшения ее количества.

Если при той же полярности выходное напряжение преобразователя должно быть

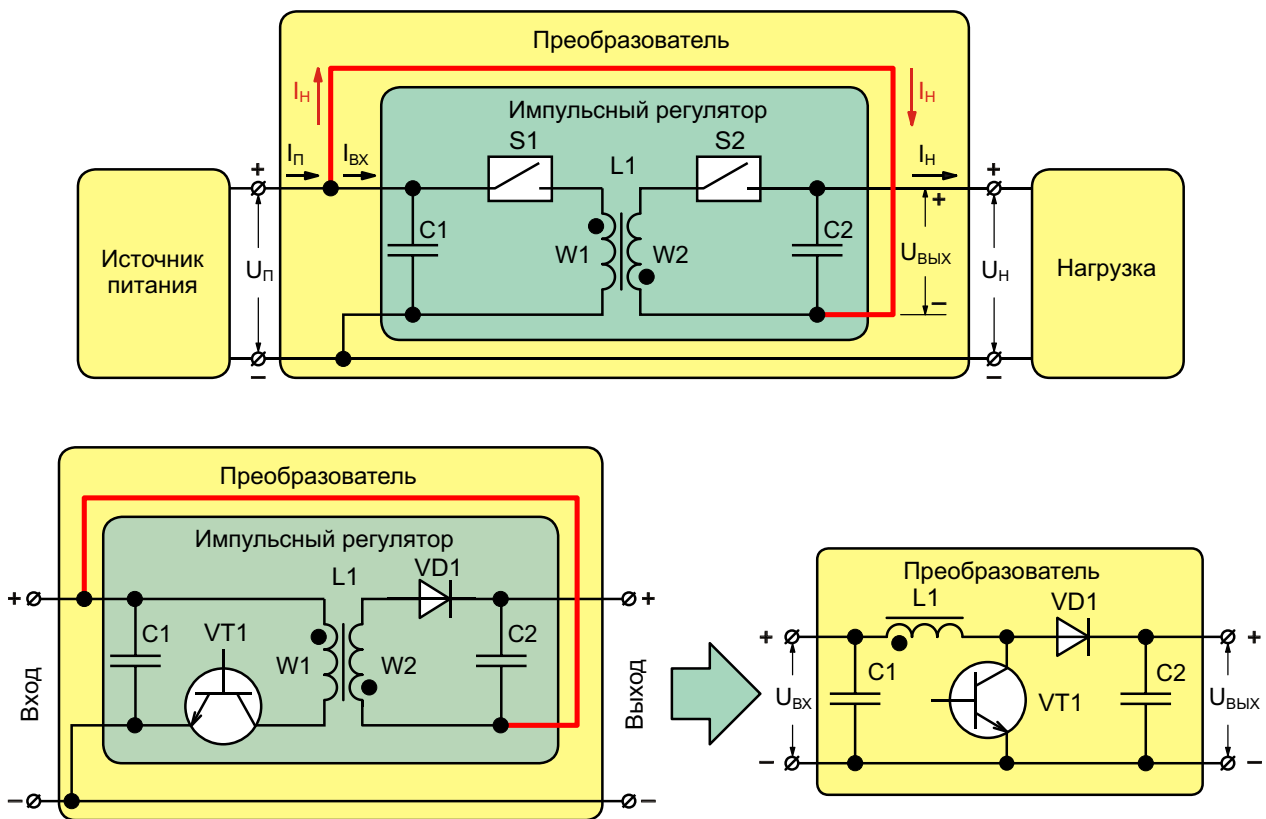


Рисунок 7. Повышающий преобразователь.

больше напряжения источника питания, и гальваническая развязка не требуется, то выход ИР можно включить по схеме вольтдобавки (Рисунок 7). При таком включении выходное напряжение импульсного регулятора  $U_{\text{ВЫХ}}$ , согласно второму закону Кирхгофа, является разностью напряжений нагрузки и источника питания:

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{Н}} - U_{\text{П}}. \quad (9)$$

Поскольку выходной ток ИР равен току нагрузки, его мощность, а, следовательно, и количество преобразованной энергии, будет меньше, чем мощность нагрузки:

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{Н}} \left( 1 - \frac{U_{\text{П}}}{U_{\text{Н}}} \right). \quad (10)$$

Для повышающего преобразователя всегда должно выполняться условие  $U_{\text{Н}}/U_{\text{П}} > 1$ , так как в противном случае, исходя из (9), выходное напряжение ИР  $U_{\text{ВЫХ}}$  будет иметь отрицательную полярность. Это приведет к постоянному увеличению количества энер-

гии в дросселе, поскольку нет условий для ее отбора, и, в конечном итоге, к выходу из строя силовой части преобразователя.

В повышающем преобразователе мощность ИР всегда будет меньше мощности нагрузки. Если  $U_{\text{Н}} = U_{\text{П}}$ , то ИР не нужен ( $P_{\text{ИР}} = 0$ ), но с ростом разницы между напряжениями  $U_{\text{Н}}$  и  $U_{\text{П}}$  все большее количество энергии необходимо преобразовывать, поэтому мощность ИР, а, следовательно, и габариты дросселя  $L1$ , будут возрастать. Таким образом, повышающий преобразователь при небольшой разнице напряжений  $U_{\text{Н}}$  и  $U_{\text{П}}$  может иметь меньшие габариты, чем обратноходовая или инвертирующая схема той же мощности.

Понижающий преобразователь, аналогично повышающему, также преобразует всего лишь часть энергии. Это достигается путем включения входа его импульсного регулятора в разрыв между источником питания и нагрузкой (Рисунок 8). При таком включении входное напряжение импульсного регулятора будет составлять:

$$U_{\text{ВХ}} = U_{\text{П}} - U_{\text{Н}}. \quad (11)$$



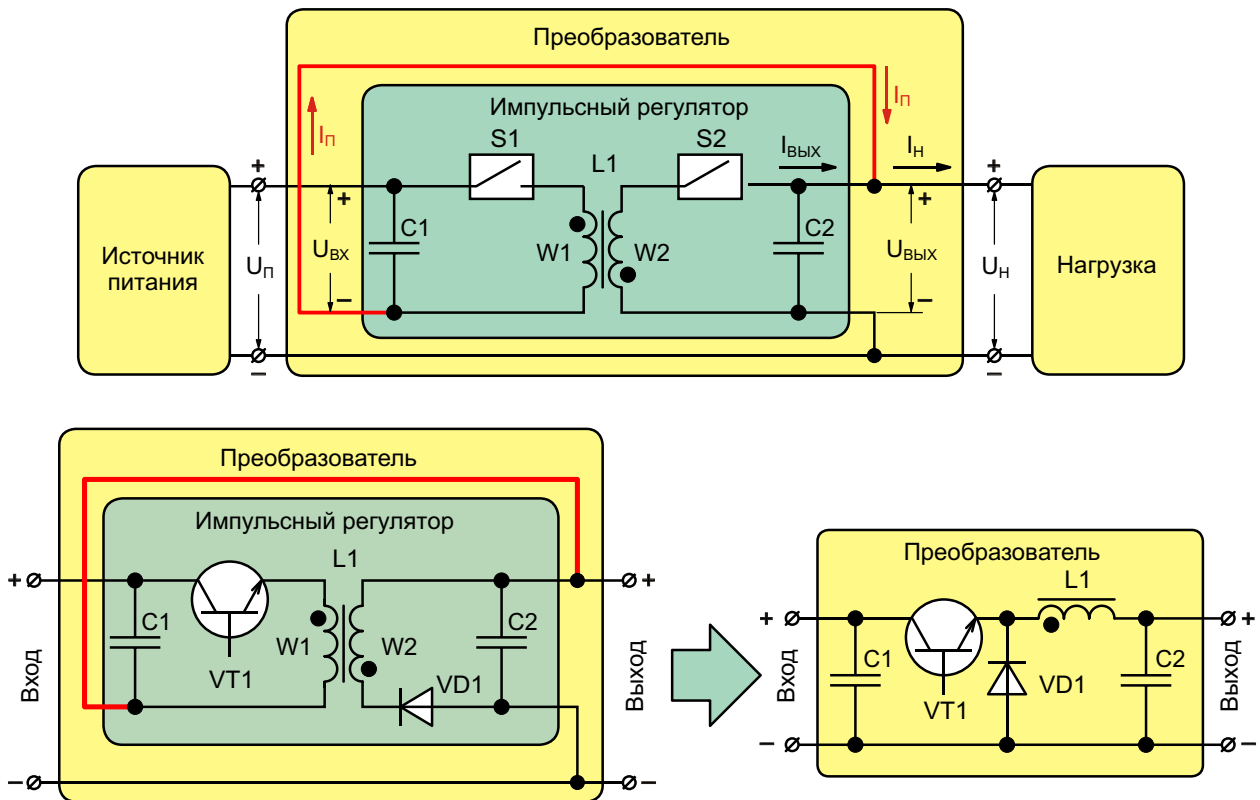


Рисунок 8. Понижающий преобразователь.

Поскольку входной ток ИР равен потребляемому току  $I_{п}$ , а напряжение  $U_{вх}$  на его входе меньше напряжения питания  $U_{п}$ , при отсутствии потерь мощность ИР составит:

$$P_{ИР} = P_{н} \cdot 1 \cdot \frac{U_{н}}{U_{п}} \quad (12)$$

Аналогично повышающему преобразователю, для понижающей схемы всегда должно выполняться условие  $U_{н}/U_{п} < 1$ , поскольку в противном случае, исходя из (11), входное напряжение ИР  $U_{вх}$  будет отрицательным, и преобразователь работать не сможет.

В понижающем преобразователе мощность ИР также всегда будет меньше мощности нагрузки. Если  $U_{н} = U_{п}$ , то, аналогично повышающей схеме, ИР не нужен ( $P_{ИР} = 0$ ), но с ростом разницы между напряжениями  $U_{н}$  и  $U_{п}$  необходимо преобразовывать все большее количество энергии, поэтому мощность ИР, а, следовательно, и габариты дросселя  $L1$ , будут возрастать. Следовательно, понижающий преобразователь при небольшой разнице напряжений  $U_{н}$  и  $U_{п}$  также может иметь меньшие габариты, чем обратноходовая или инвертирующая схема той же мощности.

Таким образом, понижающая и повышающая схемы позволяют создавать более компактные преобразователи по сравнению с обратноходовой и инвертирующей. Зависимость относительной преобразуемой мощности (отношения мощности ИР к мощности нагрузки  $P_{ИР}/P_{н}$ ) от соотношения напряжений питания и нагрузки ( $U_{н}/U_{п}$ ) показана на Рисунке 9, из которого видно, что наиболее эффективно габариты дросселя можно уменьшить, когда соотношение  $U_{н}/U_{п}$  нахо-

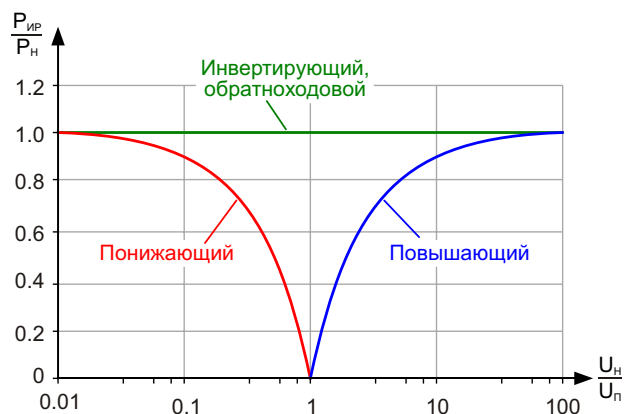


Рисунок 9. Зависимость относительной мощности ИР от соотношения напряжений на входе и выходе преобразователя.

дится в диапазоне  $0.1 < U_H/U_{\Pi} < 10$ . Так, например, если напряжение нагрузки в 2 раза больше ( $U_H/U_{\Pi} = 2$ ) или меньше ( $U_H/U_{\Pi} = 0.5$ ) напряжения питания, то для повышающей и понижающей схем необходим дроссель с объемом магнитопровода в 2 раза меньшим, чем для инвертирующей или обратногоходовой схемы. Это и обусловило область применения повышающего и понижающего преобразователей: повышение или понижение напряжения не более чем в 10 раз в приложениях без гальванической развязки.

### Проверка

Сравним мощность понижающего, повышающего и инвертирующего преобразователей, использующих одинаковые дроссели с индуктивностью  $L = 240 \text{ мкГн}$  и максималь-

ным током  $I_{\text{MAX}} = 0.25 \text{ А}$ . Пусть дроссели всех преобразователей работают в граничном режиме с 50% ШИМ и частотой преобразования  $f_{\text{ПР}} = 100 \text{ кГц}$ , при котором максимальный ток достигает значения  $I_{\text{MAX}}$  (Рисунок 10).

При 50% ШИМ и граничном режиме коэффициент передачи преобразователей  $K_{\text{ПЕР}}$  составит:

$$K_{\text{ПЕР}} = \frac{k_1}{1 - k_1} = \frac{0.5}{1 - 0.5} = 1 \text{ понижающий,}$$

$$K_{\text{ПЕР}} = \frac{1}{k_1} = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ повышающий,}$$

$$K_{\text{ПЕР}} = \frac{k_1}{1 - k_1} = \frac{0.5}{1 - 0.5} = 1 \text{ инвертирующий.}$$

где  $k_1 = 0.5$  – относительная длительность открытого состояния транзистора VT1 при 50% ШИМ.

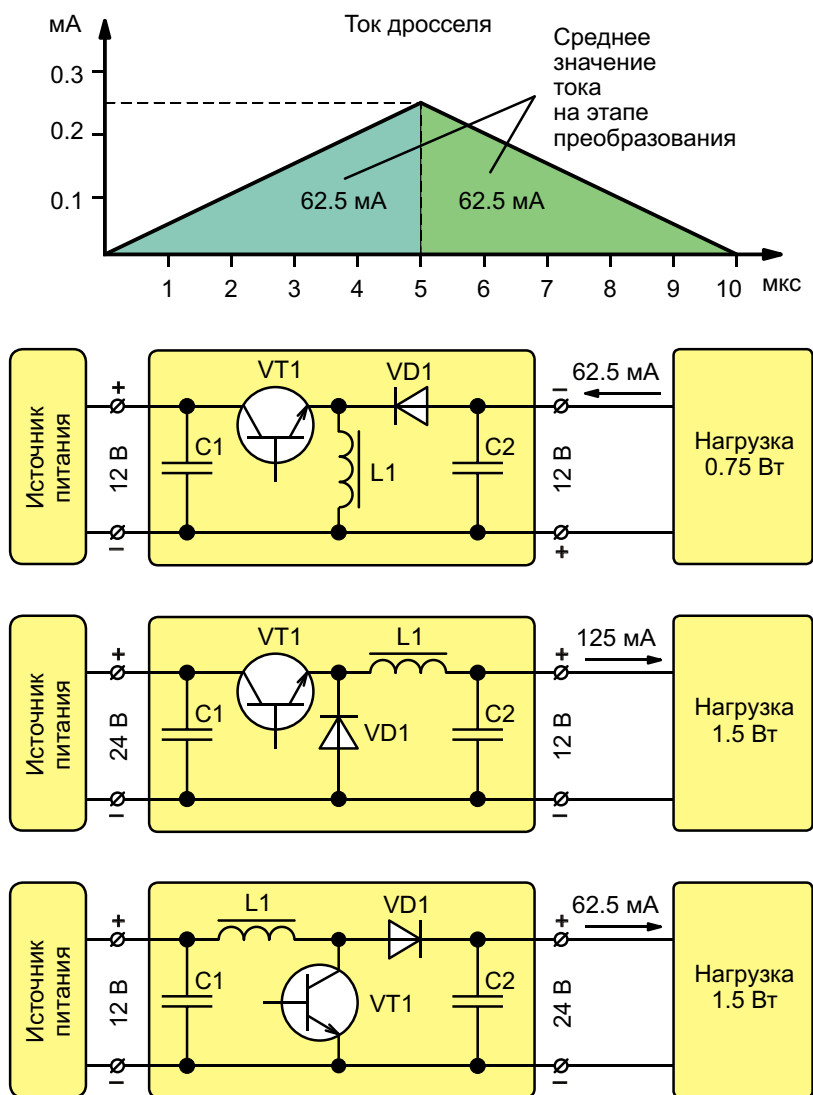


Рисунок 10. Сравнение мощностей преобразователей, использующих одинаковые дроссели.

Пусть повышающий и инвертирующий преобразователи работают от источника питания напряжением  $U_{\text{п}} = 12 \text{ В}$ . При таком напряжении размах пульсаций тока в обмотке дросселя  $I_{\text{М}}$  составит:

$$I_{\text{М}} = \frac{U_{\text{п}}}{L} \frac{k_1}{f_{\text{пр}}} = \frac{12}{240 \cdot 10^{-6}} \frac{0.5}{100 \cdot 10^3} = 0.25 \text{ А.}$$

Для того чтобы дроссель понижающего преобразователя работал в таком же режиме, необходимо, чтобы разница напряжений источника питания и нагрузки также составляла 12 В. Поскольку коэффициент передачи понижающего преобразователя составляет  $k_{\text{ПЕР}} = 0.5$ , это возможно только в случае, когда напряжение питания составит  $U_{\text{п}} = 24 \text{ В}$ , а напряжение нагрузки  $U_{\text{н}} = 12 \text{ В}$ . При этом размах пульсаций тока дросселя понижающего преобразователя будет равен:

$$I_{\text{М}} = \frac{U_{\text{п}} - U_{\text{н}}}{L} \frac{k_1}{f_{\text{пр}}} = \frac{24 - 12}{240 \cdot 10^{-6}} \frac{0.5}{100 \cdot 10^3} = 0.25 \text{ А.}$$

В повышающем и инвертирующем преобразователях ток в конденсатор  $C_2$  поступает только тогда, когда транзистор  $VT_1$  разомкнут, поэтому среднее значение тока нагрузки  $I_{\text{н}}$  для этих схем составит:

$$I_{\text{н}} = 0.5(1 - k_1)I_{\text{М}} = 0.5(1 - 0.5) \cdot 0.25 = 62.5 \text{ мА.}$$

В понижающем преобразователе ток в нагрузку поступает на обоих этапах преобразования, поэтому ток нагрузки будет равен:

$$I_{\text{н}} = 0.5I_{\text{М}} = 0.5 \cdot 0.25 = 125 \text{ мА.}$$

Определим выходное напряжение всех преобразователей:

$U_{\text{н}}$	$U_{\text{п}}k_{\text{ПЕР}}$	24 0.5	12 В	понижающий,
$U_{\text{н}}$	$U_{\text{п}}k_{\text{ПЕР}}$	12 2	24 В	повышающий,
$U_{\text{н}}$	$U_{\text{п}}k_{\text{ПЕР}}$	12 1	12 В	инвертирующий.

И теперь осталось определить только мощность нагрузки:

$$P_{\text{н}} = U_{\text{н}} I_{\text{н}} = 12 \cdot 0.125 = 1.5 \text{ Вт}$$

понижающий,

$$P_{\text{н}} = U_{\text{н}} I_{\text{н}} = 24 \cdot 0.0625 = 1.5 \text{ Вт}$$

повышающий,

$$P_{\text{н}} = U_{\text{н}} I_{\text{н}} = 12 \cdot 0.0625 = 0.75 \text{ Вт}$$

инвертирующий.

Как видно из расчетов, при использовании одного и того же дросселя, понижающий и повышающий преобразователи имеют в 2 раза большую мощность, чем инвертирующий (и обратногоходовой). Или, другими словами, при одной и той же мощности нагрузки дрос-

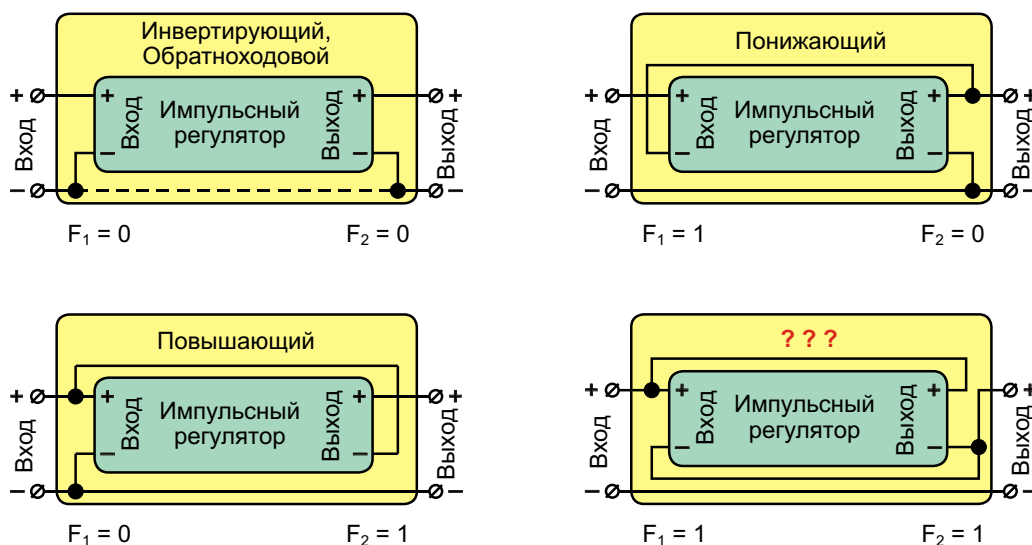


Рисунок 11. Возможные варианты построения преобразователей.



сель понижающего и повышающего преобразователя может быть в 2 раза меньше. Это достигается за счет того, что преобразуется не вся энергия, поступающая из источника питания в нагрузку, а только ее часть, ведь преобразуемая мощность для всех трех схем одинакова:

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{Н}} \cdot 1 \cdot \frac{U_{\text{Н}}}{U_{\text{П}}} = 1.5 \cdot 1 \cdot \frac{12}{24} = 0.75 \text{ Вт}$$

понижающий,

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{Н}} \cdot 1 \cdot \frac{U_{\text{П}}}{U_{\text{Н}}} = 1.5 \cdot 1 \cdot \frac{12}{24} = 0.75 \text{ Вт}$$

повышающий,

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{Н}} = 0.75 \text{ Вт}$$

инвертирующий.

### Почему существуют только три базовых схемы

Если отвлечься от внутреннего устройства импульсного регулятора, то функциональные схемы рассматриваемых преобразователей будут иметь вид, показанный на Рисунке 11, из которого видно, что вход импульсного регулятора может подключаться к входу преобразователя как непосредственно, так и последовательно с выходом. Аналогично, выход импульсного регулятора может подключаться к выходу преобразователя как непосредственно, так и последовательно с входом.

Способ подключения входа и выхода импульсного регулятора можно обозначить с помощью дискретных «коэффициентов топологии схемы»  $F_1$  и  $F_2$ . Если вход (выход) импульсного регулятора подключен непосредственно к входу (выходу) преобразователя, то соответствующий коэффициент принимает значение 0, а если последовательно с входом и выходом, тогда 1.

Значения  $F_1$  и  $F_2$  для рассматриваемых схем показаны на Рисунке 11. С помощью коэффициентов топологии схемы можно получить обобщенную формулу для расчета мощности импульсного регулятора, объединив формулы (8), (10) и (12):

$$P_{\text{ИР}} = P_{\text{Н}} \cdot 1 \cdot F_1 \frac{U_{\text{Н}}}{U_{\text{П}}} \cdot F_2 \frac{U_{\text{П}}}{U_{\text{Н}}} \quad (13)$$

Поскольку у нас есть два коэффициента топологии, каждый из которых может принимать два возможных значения, всего существует четыре комбинации этих коэффициентов, то есть, теоретически, четыре базовых схемы преобразователя. Однако если мы попробуем синтезировать преобразователь с набором коэффициентов  $F_1 = 1$  и  $F_2 = 1$ , для которого и вход и выход импульсного регулятора должны быть соединены последовательно с входом и выходом преобразователя, то получим совершенно нерабочую схему, у которой вход импульсного регулятора напрямую соединен в его выходом (Рисунок 11). Поэтому из четырех возможных существуют только три работоспособных варианта построения преобразователей, с успехом применяемых на практике.

### Заключение

Все «базовые» преобразователи на самом деле оказались модификацией обратногоходовой схемы – единственной, претендующей на право называться «базовой» в конвертерах с одним индуктивным накопителем энергии. Обратногоходовая схема и есть «импульсный регулятор» – виртуальный преобразователь, который пришлось придумать для пояснения вещей, долгое время считавшихся «фундаментальными» в импульсном преобразовании. С помощью обратногоходовой схемы можно пояснить работу не только рассматриваемых в статье схем, но еще и множество их модификаций, в том числе и многоканальных, количество которых на самом деле огромно. Сегодня понижающая, повышающая и инвертирующая схемы потеряли свою «фундаментальность». Однако это не уменьшает преимуществ их простоты, надежности и компактности и никоим образом не ограничивает сферу их применения. **РЛ**

### Список источников

1. 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.
2. 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.

# настоящее немецкое качество

**Testboy**  
GmbH, Germany

контрольно-  
измерительное  
оборудование

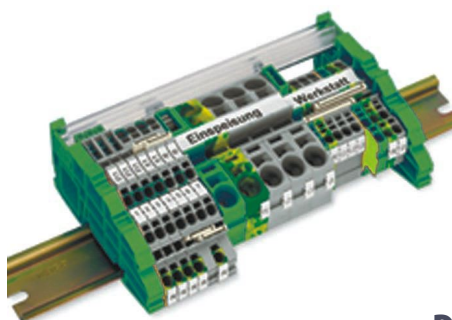


»»» **JOKARI**<sup>®</sup>  
original

инструмент для  
разделки кабеля  
и снятия изоляции



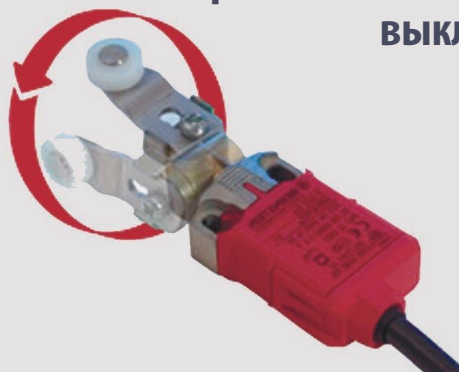
**WAGO**<sup>®</sup>  
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы  
на DIN рейку  
и для печатных плат

**BERNSTEIN**  
safe solutions

промышленные корпуса  
выключатели  
датчики



**ДЕЦИМА**

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**

[WWW.DECIMA.RU](http://WWW.DECIMA.RU)

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858





## Развитие и современные продукты завода LG Electronics RUS

Юрий Петропавловский



Рисунок 1. Строительство завода LG Electronics RUS.

Предприятие LG Electronics RUS (ООО «ЛГ Электроникс РУС»), отметившее в 2016 году 10-летний юбилей, расположено вблизи поселка Дорохово Рузского района Московской области. Строительство завода началось в апреле 2005 года, а уже в сентябре 2006 года состоялось торжественное мероприятие, посвященное завершению строительства. Строительство корпусов завода «в чистом поле» на площади 50 гектаров показано на Рисунке 1.

Через три года на предприятии функционировало 4 производственных корпуса – в корпусе А производились плазменные и ЖК-телевизоры, домашние кинотеатры и компьютерные мониторы, в корпусе В – крупная бытовая техника (холодильники и стиральные машины), в корпусах S1 и S2 расположи-

лись компании, выпускающие комплектующие для основного производства.

В корпусе А также находятся линии автоматической установки компонентов на печат-



Рисунок 2. Линия установщиков компонентов.





*Рисунок 3. Печатные платы ЖК-телевизоров.*

ные платы. Используемые на заводе автоматические установщики компонентов NXT III компании Fuji Machine (Япония) показаны на Рисунке 2. Эти машины фактически впечатывает электронные компоненты в нужные контактные площадки плат. На Рисунке 3 показаны исходная плата ЖК-телевизора (слева) и готовая плата с установленными компонентами (справа). Готовые платы поступают на системы 3D автоматической оптической инспекции (AOI – Automated Optical Inspection) SCC-600, изготавливаемые корейской фирмой Koh Young Technology (Рисунок 4).



*Рисунок 4. Система автоматической инспекции.*

После проверки и финальной ручной сборки платы поступают в печь, где паяльная паста на платах расплавляется, а затем готовые платы принудительно охлаждаются системой вентиляторов. Контроль плат осуществляется автоматизированными системами, после чего оператор конвейера осматривает платы, отмеченные автоматикой как «подозрительные» и при необходимости отправляет их на доработ-



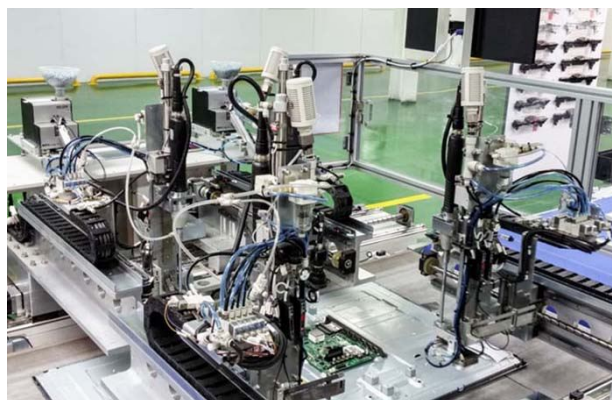
*Рисунок 5. Автоматизированная система контроля.*



*Рисунок 6. Установка печатных плат на ЖК-панели.*

ку (Рисунок 5). На последнем этапе платы проходят процедуру программирования микросхем памяти («прошивку») и проверяются на соответствие техническим требованиям в составе блоков ЖК-телевизоров.

Сборка телевизоров на конвейере производится из готовых блоков и узлов. Первыми на линию поступают сами ЖК-панели, затем на них устанавливаются печатные платы (Рисунок 6). Один из последующих этапов сбор-



*Рисунок 7. «Робот-отвертки».*





**Рисунок 8.** Упаковка ЖК-телевизоров.

ки обеспечивают «робот-отвертки», привинчивающие платы и некоторые другие детали (Рисунок 7). После установки всех плат и других компонентов изделия проходят ряд проверок, как визуально персоналом, так и автоматизированными тестовыми системами. Последние этапы – упаковка готовых ЖК-телевизоров (Рисунок 8).

Технология производства телевизоров, используемая на заводе, отличается большой гибкостью – возможен выпуск десятков различных моделей, при этом автоматизированное оборудование легко перенастраивается на множество вариантов сборки. Новые модели в небольшом количестве поступают из Кореи и при необходимости адаптируются инженерным персоналом для выпуска в соответствии с требованиями российских и международных стандартов.

В корпусе В расположены конвейеры по сборке холодильников и стиральных машин, однако часть деталей изготавливаются в других корпусах (S1, S2). Внутренние пластики-



**Рисунок 9.** Сборка холодильников.



**Рисунок 10.** Оборудование для металлопроката.

вые корпуса холодильников изготавливаются на специальных вакуум-формовочных машинах корейской фирмы Shinhyo. В этих машинах из белого порошка изготавливаются пластиковые листы, из которых затем и штампуются отсеки холодильников, поступающие на сборочный конвейер (Рисунок 9). Металлопрокат для стенок корпусов и дверей холодильников изготавливается на оборудовании корейской фирмы Nam Yang Machinery (Рисунок 10).



**Рисунок 11.** Упаковка холодильников.

Процесс сборки холодильников начинается с установки различных деталей на внутренние корпуса, затем на них устанавливаются стенки, радиаторы, компрессоры и другие узлы. Дверцы в сборе поступают отдельно. После завершения монтажа, заполнения системы охлаждения фреоном и заливки термоизолирующей пены в зазор между внутренними и внешними корпусами холодильни-

ки проходят ряд проверок (на скачки напряжения, на максимальную нагрузку), устанавливаются на специальные паллеты, упаковываются и поступают на склад (Рисунок 11).

Похожим образом организовано и конвейерное производство стиральных машин, «изюминкой» многих из которых является прямой привод (Direct Drive) барабана, который заметно снижает шум при работе и увеличивает энергоэффективность электропривода (Рисунок 12). Процесс сборки машин, также как и холодильников, проходит в несколько этапов, а после финальной сборки все изделия тестируются.



**Рисунок 12.** Прямой и обычный приводы стиральных машин.

К 2009 году на предприятии было занято 1500 человек, из которых 400 – руководители и специалисты, и, несмотря на кризис 2008 года, компания продолжала нанимать новых сотрудников, как молодых, так и опытных специалистов. При этом сохранялись бонусные программы – медицинская страховка, социальные пакеты, питание, медкабинет, банкомат, транспорт, продажа продукции завода сотрудникам по сниженным ценам и с отсрочкой платежа и другие. Завод продолжал работу в прежнем режиме, расширял номенклатуру продукции флагманскими моделями современной техники.

Большое внимание компания уделяет и поддержке местного населения, например, предоставляет телевизоры в качестве призов победителям школьных олимпиад по физике и английскому языку (Дорохово, Гагарин, Руза, Тучково). Регулярно организуются экс-

курсии на завод из школ и университетов, а также поддерживаются ветераны СП (Дорохово), оказывается помощь местным детским домам (Руза, Тучково).

Вся продукция, выпускаемая заводом, проходит многоступенчатую систему тестирования. Основные комплектующие поступают на завод от доверенных поставщиков из Кореи, Китая, Тайваня и Польши, часть комплектующих производится прямо на заводе. Поступающие компоненты проходят входной контроль качества, причем у подрядчиков, имеющих многолетний опыт работы с LG Electronics, проверяется 30% продукции, а у остальных поставщиков проверяется 100% комплектующих. Во время прохождения входного контроля тестируются интегральные схемы, модули, платы, панели телевизоров, детали холодильников и стиральных машин, а корпуса телевизоров проходят визуальный контроль на отсутствие сколов, царапин и трещин.

Непосредственно во время сборки осуществляется линейный контроль 100% выпускаемой техники. В дополнение каждые полчаса с телевизионного конвейера снимается один аппарат для полной проверки параметров. Чтобы не мешать производственному процессу, тестирование проводится в отдельной лаборатории. Во время тестирования проводится проверка работоспособности всех разъемов и всех функций меню телевизора.

На третьем этапе контроля тестируются не менее 3% от уже готовых партий продукции, при выпуске новых моделей процент проверяемых аппаратов увеличивается. Тестирование телевизоров проходит в помещении с температурой 40° С в течении не менее семи дней, и если все испытуемые телевизоры проходят температурный тест, то партия одобрается.

С 2007 года компания LG Electronics RUS организовала службу «Мобильный Сервис» по ремонту техники, выпускаемой заводом. Специально оборудованный фирменный автобус обеспечивает оперативный ремонт или гарантийную замену на заводе-изготовителе. Обслуживание производится в радиусе до 400 км от Москвы, рассматривается расширение географии мобильного сервиса. Выезд специалистов гарантирован, как правило, в тот же или на следующий день после получения заявки по телефону. Чаще всего ремонт осуществляется на месте, так как специалисты сервиса выезжают с боль-



шим числом комплектующих, необходимых при ремонте.

В 2011 году завод отметил свой 5-летний юбилей. К этому времени (а к 2013 году выпуск продукции по сравнению с 2006 годом увеличился в 9 раз), предприятие выпускало 80 моделей телевизоров, 30 моделей мониторов, 60 моделей холодильников и 30 моделей стиральных машин.

В 2015 году, отмечая 10-летие закладки первого камня, представительство LG Electronics в России сообщило приглашенным на завод LG Electronics RUS журналистам, что предприятие является одним из самых крупных в Европе по производству бытовой техники и электроники с общим числом сотрудников самого предприятия более 1350 человек и 650 сотрудников компаний-подрядчиков. Общий объем инвестиций предприятия за 2006-2014 годы превысил 369 млн долларов, а налоговые отчисления достигли 168 млн долларов. За этот период было выпущено почти 15 млн телевизоров, 6.3 млн стиральных машин и 36 млн холодильников. На территории завода располагаются производства девяти компаний-партнеров, осуществляющих изготовление разнообразных деталей для основного сборочного производства: от печатных плат для телевизоров до литья корпусов техники, а также производство упаковки.

Завод LG Electronics RUS является самым крупным предприятием корпорации LG в Европе; планируется его дальнейшее расширение. В частности, руководство LG планирует закрыть свой завод телевизионной техники в Польше и перенести производство на российский завод, задачей которого будет производство телевизионной техники для всей Европы.

Одним из серьезных технологических достижений LG стало внедрение в серийное производство телевизоров на органических светодиодах (OLED). На международной выставке бытовой электроники CES-2017, прошедшей в начале года в Лас-Вегасе, самую престижную награду Engadget CES Best of the Best Award получил OLED телевизор LG OLED SIGNATURE W7 (Рисунок 13). OLED-панель телевизора отличается чрезвычайно малой толщиной – 2,57 мм, а сам телевизор высокой ценой – 20,000 долларов за модель с 77-дюймовым экраном (65-дюймовая модель стоит 8,000 долл.). При креплении на стену такие тонкие экраны прак-



Рисунок 13. OLED телевизор LG Signature W.

тически сливаются со стеной, а электроника телевизоров размещается в корпусе звуковой панели («саундбаре»).

31 марта 2017 года LG Electronics провела презентацию модельного ряда техники 2017 года, в том числе упомянутую выше модель LG OLED65W7 с дизайном «изображение на стене» (Picture-on-Wall), а также модели Super UHD, UHD и FHD с диагоналями от 43 до 86 дюймов. На Рисунке 14 показана демонстрация нового OLED телевизора в сравнении с QLED телевизором Samsung. Напомним читателям, что в телевизорах, называемых светодиодными (LED TV), светодиоды используются только для подсветки ЖК-экранов, в то время как в OLED телевизорах сами триады органических светодиодов формируют изображение (подсветка в них не требуется).



Рисунок 14. Сравнение OLED и QLED телевизоров.



**Рисунок 15.** Телевизор OLED55B6.

В российском каталоге LG Electronics 2017 года представлено 19 моделей OLED телевизоров с диагоналями 55, 65 и 77 дюймов, многие из которых произведены на заводе LG Electronics RUS, например модели OLED55B6 (Рисунок 15), OLED65B6. (Надписи на этикетках и в пользовательских инструкциях: Изготовитель: ООО «ЛГ Электроникс РУС», адрес: 143160, РФ, Московская область, Рузский район, СП Дорохово, 86-км. Минского шоссе, д. 9).

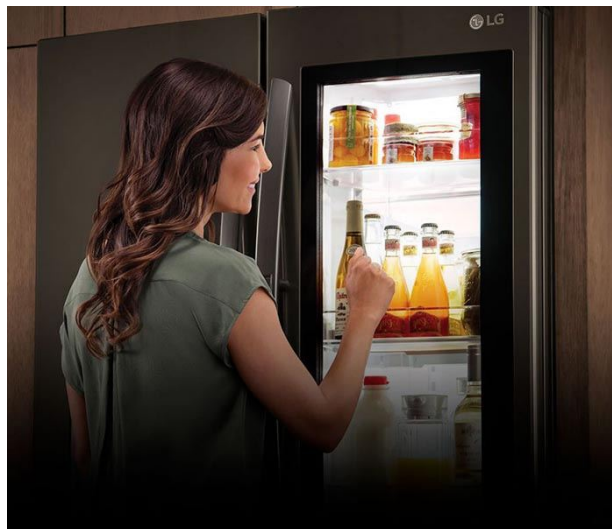
Основные особенности и параметры телевизоров.

- Экран: OLED, разрешение 3840 × 2160 (4K)/3D, в отличие от ЖК-экранов, OLED не ограничивают углы обзора (180° по всем направлениям) и обеспечивают «бесконечную» (или максимальную) контрастность. (Поскольку при выключенных светодиодах нет никакого светового излучения, это обеспечивает глубокий черный).
- Обработка видео: OLED HDR (High Dynamic Range/расширенный динамический диапазон) – покадровая динамическая обработка изображения. Алгоритм обработки OLED HDR позволяет улучшать субъективное качество изображения путем повышения пиковой яркости и добавления «черноты» на темных участках изображения.
- Поддержка Dolby Vision: также как и HDR, эта технология обеспечивает покадровую динамическую обработку изображения, однако в данном случае воспроизводимый контент должен быть изначально записан в этом формате. Преимуществом технологии является получение изображения таким, как его задумали создатели контента, недостаток – мало самого контента в формате Dolby Vision.
- Соответствие требованиям ULTRA HD PREMIUM: формат телевидения сверхвысокой четкости, поддерживаемый

консорциумом UHD Alliance, объединяющий производителей телевизоров, вещателей и кинопродюсеров. Основные требования этого формата: разрешение не менее 3840 × 2160, 10-разрядная глубина цветов (цветовой сигнал такой разрядности, называемый «глубоким цветом», состоит из более миллиарда оттенков), цветовое пространство P3 (или цветовая гамма) не менее 90% цветов (в стандартных телевизорах охват 80% цветовой гаммы), минимальный динамический диапазон 1000/0.05 нит или 450/0.0005 нит (отношение пиковой яркости к уровню черного).

- Операционная система: LG Smart TV на базе webOS 3.0
- Системы вещания: DVB-T2, DVB-C, DVB-S, аналоговое ТВ, поддержка карт доступа CI+ 1.3
- Интерфейсы: Wi-Fi, Bluetooth, HDMI, LAN, USB 3.0, RS-232

В каталоге LG 2017 также представлены ЖК-телевизоры Super UHD 4K (14 моделей), UHD 4K (61 модель), LED/Full HD (67 моделей), а также 45 моделей компьютерных мониторов.



**Рисунок 16.** Холодильник с ЖК-экраном.

Несколько наград на CES-2017 получил холодильник LG Smart InstaView (Рисунок 16), в том числе Top Picks в номинации Best Home Appliance. Этот трехкамерный холодильник оснащен целым рядом функций на основе сервиса распознавания голоса Alexa Voice Service компании Amazon и операционной системы LG webOS. На одной из



дверец холодильника установлен ЖК-экран с диагональю 29 дюймов, который становится прозрачным после двух «щелчков» (постукиваний) по нему.

Сервис распознавания голоса предоставляет доступ к интеллектуальному личному помощнику, который может искать рецепты, размещать заказы блюд на сайте Amazon.com, создавать списки покупок и многое другое. Сервис Alexa выполняет свыше 6000 функций и может управлять системами умного дома, устанавливать кухонные таймеры, узнавать прогноз погоды. В холодильнике установлена панорамная видеочамера с широкоугольным объективом, доступ к которой обеспечивается через смартфон. Это, например, позволяет прямо в магазине посмотреть, каких продуктов не хватает. Это чрезвычайно «умный» холодильник.

В каталоге LG Electronics 2017 года представлено 88 моделей холодильников, в том числе трехкамерные, с ЖК-экранами GC-Q24CABV и LGLSR100RU. Большинство представленных в каталоге моделей изготовлены на заводе LG Electronics RUS.

Коротко рассмотрим особенности холодильников серии GA-B499xxxx (2017 г., изготовитель ООО «ЛГ Электроникс РУС», Рисунок 17). В состав серии входит 6 исполнений, отличающихся цветами корпусов и некоторыми другими параметрами. Основным достоинством этих двухкамерных холодильников с зоной свежести (объем 226 + 105 + 29 литров) можно считать их высокую энергоэффектив-

ность – класс энергопотребления A++ (все классы A+++, A++, A+, A, B, C, D, E, F, G).

Заявленная мощность потребления холодильников – 246 Вт, что достигается применением инверторного линейного компрессора, бесколлекторный двигатель постоянного тока которого питается от импульсного преобразователя (инвертора). В отличие от обычных холодильников, двигатели которых периодически включаются на полную мощность с помощью реле, инверторные холодильники плавно регулируют скорость вращения двигателей в зависимости от заданной температуры внутри холодильных камер.

К другим особенностям холодильников относятся наличие дополнительной камеры «свежести» (технология LG NatureFRESH) с принудительной циркуляцией воздуха через специальные отверстия, управление режимами через Wi-Fi, отсутствие необходимости разморозки (технология Total No Frost – принудительный обдув с подогревом) и 10-летняя гарантия.

Несколько наград на CES-2017 получила стирально-сушильная машина с фронтальной загрузкой LG SIGNATURE TWINWash Front-Load Wash and Dryer Pair. Особенностью машины является наличие в нижней части мини-стиральной машины MINI Wash (Рисунок 18).

В российском каталоге LG Electronics 2017 года представлено 96 моделей стандартных, узких и суперузких стиральных машин.

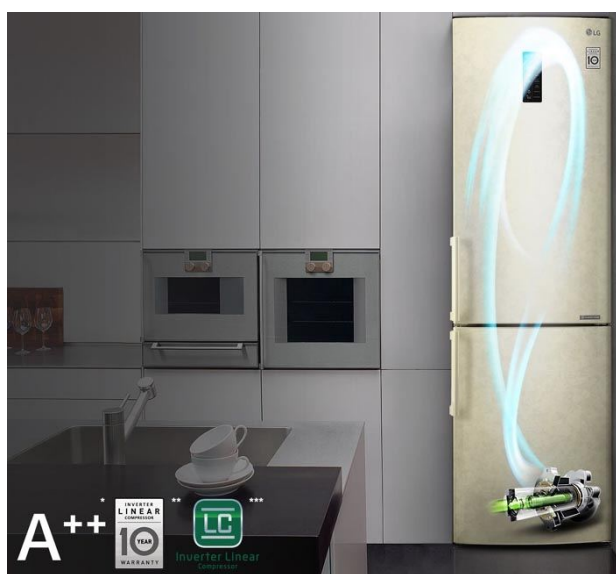


Рисунок 17. Холодильник GA-b499xxxx.



Рисунок 18. Стирально-сушильная машина.



**Рисунок 19.** Стиральная машина FR096WD3.

Коротко рассмотрим особенности одной из особо популярных (хит продаж) модели FR096WD3 (изготовитель ООО «ЛГ Электроникс РУС», Рисунок 19). Барабан этой машины, рассчитанный на 6.5 кг белья, имеет прямой привод и широкий набор вариантов вращения (кручение, покачивание, реверсирование и др.). Прямой привод обеспечивает инверторный двигатель с существенно пониженным уровнем шума при работе (55 дБ) и энергопотреблением 1.1 кВт/ч (класс энергоэффективности А). В машину интегрирована мобильная система диагностики Smart-Diagnosis, позволяющая передавать данные о неполадках в сервисные центры (экономия времени и денег). **РЛ**

# Синтезированная индуктивность обеспечивает передачу максимальной мощности

Michael Gambuzza

Electronic Design

Для того чтобы передать максимальную мощность из схемы в нагрузку, выходное сопротивление источника  $R_O$  должно равняться сопротивлению нагрузки  $R_L$  (Рисунок 1). В случае комплексной нагрузки  $Z_L$  и резистивного характера источника такое согласование требует использования громоздкого дросселя. В этой статье показано, как заменить физический дроссель более компактной синтезированной индуктивностью.

Хорошим примером комплексной нагрузки может служить пьезоэлектрический преобразователь Баттерворта - Ван Дайка как  $C_O$ ,  $R_L$ ,  $C_S$  и  $L$  (Рисунок 2а). На частоте последовательного резонанса импеданс нагрузки уменьшается до

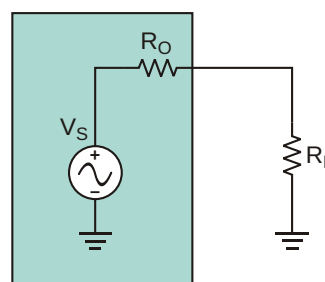


Рисунок 1. Простейшая схема согласования состоит из резистивной нагрузки  $R_L$ , равной сопротивлению источника  $R_O$ .

эквивалентной схемы, показанной на Рисунке 2б. Нагрузка по-прежнему остается комплексной, состоящей из параллельно соеди-

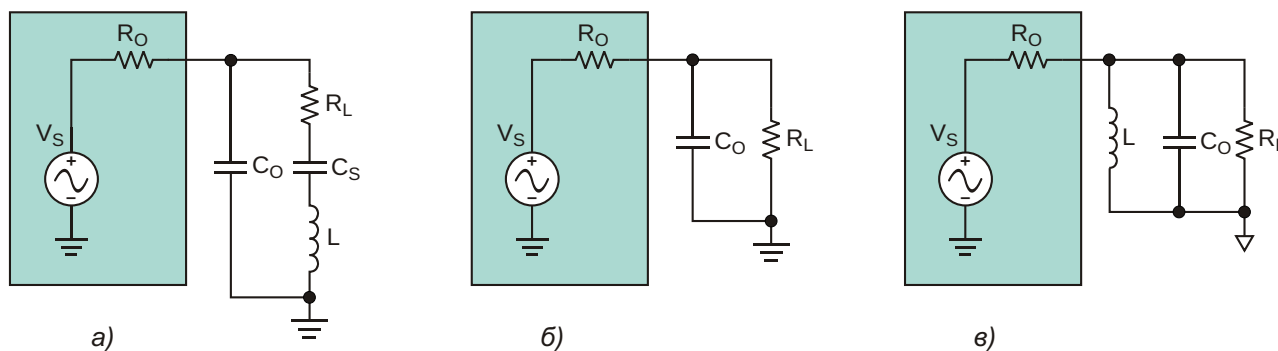
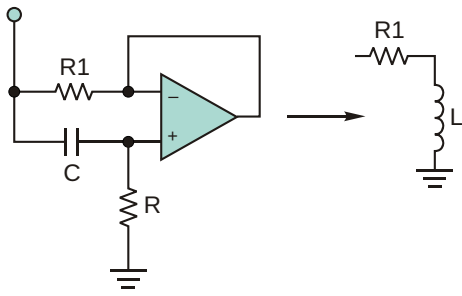


Рисунок 2. Примером комплексной нагрузки является модель пьезоэлектрического преобразователя Баттерворта-Ван Дайка (а), которую можно представить эквивалентной схемой (б). Для того, чтобы согласовать нагрузку с источником, необходимо добавить соответствующую индуктивность.



**Рисунок 3.** Вместо громоздкого дросселя разработчик может использовать гираторную схему, имитирующую индуктивность, равную  $(R1)(R)(C)$ .

ненных  $R_L$  и  $C_O$ . Это делает согласование с  $R_O$  невозможным без использования комплексно сопряженного сопротивления  $-C_O$  со стороны источника, то есть, без параллельной  $C_O$  индуктивности, имеющей такую же величину реактивного сопротивления (Рисунок 2в).

Для согласования  $R_O$  с  $R_L$  индуктивность  $L$  должна быть выбрана такой, чтобы

$$-XC_O = X_L,$$

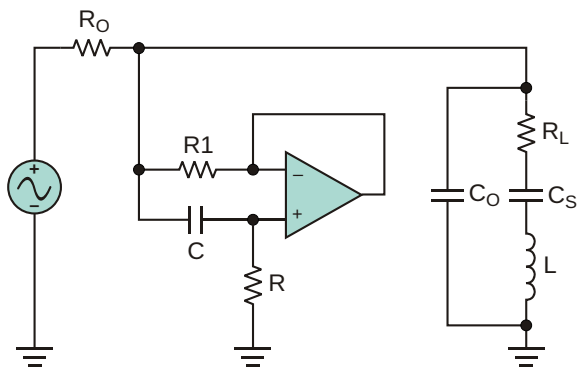
или

$$j \frac{1}{\omega C_O} = j\omega L.$$

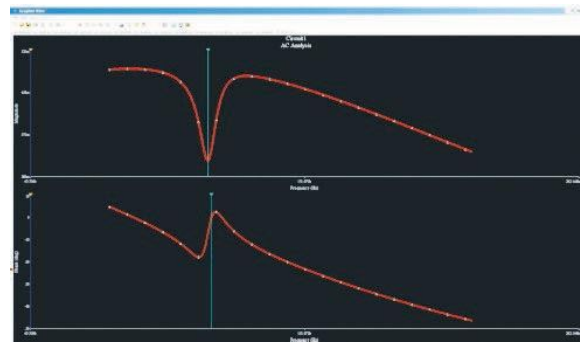
Поэтому

$$L = \frac{1}{\omega^2 C_O},$$

где  $\omega = 2\pi f$ .



**Рисунок 4.** При типичной реализации гираторной схемы согласования динамическое изменение  $R$  может подстраивать схему под различные комплексные нагрузки, при условии, что характера напряжения на нагрузке известен, и может быть достигнута оптимальная настройка.



**Рисунок 5.** Результаты моделирования показывают, что напряжение на нагрузке (верхняя кривая) имеет минимум на резонансной частоте. Фазовый сдвиг напряжения на нагрузке (нижняя кривая) на частоте резонанса равен  $0^\circ$ . Эти результаты свидетельствуют о том, что выбранная индуктивность обеспечивает хорошее согласование.

Для того, чтобы заменить физический дроссель  $L$  синтезированной индуктивностью, обратимся к схеме гиратора, изобретенной Бернадом Теллегеном в 1948 году (Рисунок 3). В своей основе схема является дифференциатором, в котором импеданс конденсатора  $C$  «реверсирован». Искусственная индуктивность оказывается равной

$$L = (R1)(R)(C) \text{ [генри]}.$$

Обычно сопротивление резистора  $R1$  выбирают не более 100 Ом, чтобы добротность  $Q$  была не меньше 10. (Подробное описание работы схемы гиратора можно найти в Интернете). На Рисунке 4 изображен окончательный вариант схемы согласования. С помощью этой схемы  $R$  может динамически изменяться, на лету меняя настройку для различных комплексных нагрузок, при условии, что знание характера напряжения на нагрузке позволяет достигнуть оптимальной настройки.

На Рисунке 5 представлены результаты моделирования настроенной схемы, в которой использовался описанный выше гиратор. Верхняя кривая, отображающая напряжение на нагрузке, имеет минимум на частоте резонанса. Из показанной ниже фазо-частотной характеристики видно, что на резонансной частоте фазовый сдвиг напряжения на нагрузке равен  $0^\circ$ . Эти результаты свидетельствуют о том, что выбранная синтезированная индуктивность обеспечивает хорошее согласование нагрузки с источником. **РЛ**



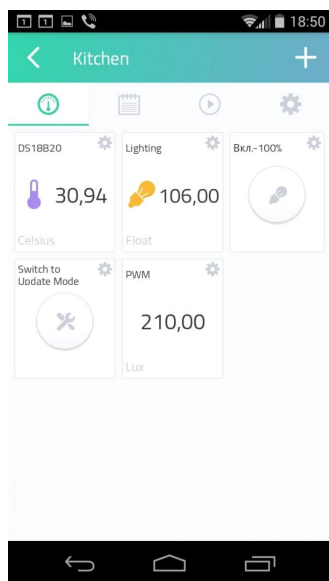
# Контроллер управления подсветкой рабочей зоны на кухне

## Часть 3. Вариант на NodeMCU – обновление прошивки по Wi-Fi

Вадим Колесник, г. Тирасполь

Ранее на страницах портала Радиолоцман публиковались описания двух устройств для автоматического управления подсветкой рабочей зоны на кухне: вариант на Arduino [2] и вариант на NodeMCU [3]. Последний, несмотря на некоторые недостатки, о которых я сообщу в конце статьи, подключен к серверу Сауеппе и работает надежно (Рисунок 1).

В статье [3] я говорил, что планирую расширение функционала контроллера, подключение дополнительных сенсоров и управление вытяжкой на кухне. В этом случае нужно



**Рисунок 1.** Контроллер на NodeMCU для управления подсветкой на кухне и контроля параметров хорошо зарекомендовал себя в работе.

отметить, что «Контроллер подсветки» для устройства на NodeMCU – это было лишь рабочее название проекта по аналогии с Arduino-версией.

Одной из первых задач которую необходимо решить при расширении функционала контроллера, является обновление прошивки. Ввиду того, что контроллер расположен в труднодоступном месте (на верхних шкафах кухни, в моем случае), и подключение его к ПК или ноутбуку по USB для прошивки (без полного демонтажа) – задача достаточно трудоемкая, я решил реализовать процесс обновления прошивки по Wi-Fi (Over-The-Air Update, OTA Update). Подключение дополнительных сенсоров и реле затруднений не вызовет, ввиду того, что они просто подключаются к нужным штыревым разъемам на плате контроллера.

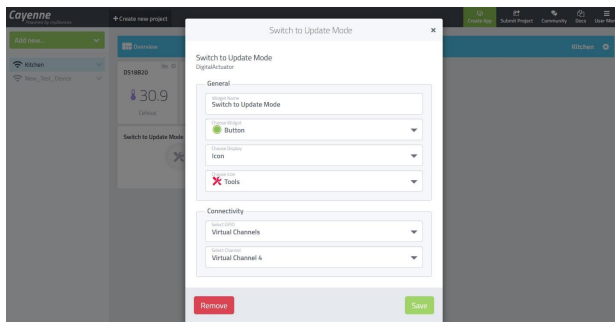
Для понимания процесса обновления прошивки ESP8266 по Wi-Fi я рекомендую ознакомиться с материалами и пользовательскими примерами реализации OTA [4], которые можно найти в сети Интернет. Основные условия:

- Объем Flash-памяти модуля NodeMCU должен быть в 2 раза больше размера скетча Arduino;
- Устройство и ПК с которого выполняется обновление должны находиться в одной локальной сети;
- Удостовериться, что процесс обновления прошивки не приведет к сбоям в работе периферии и исполнительных устройств.

Для универсализации я выбрал способ обновления прошивки через Web браузер.

В общем случае все реализации OTA работоспособны, но в нашем случае есть один нюанс: основное приложение при запуске подключается и работает с сервером Cayenne, и при простом добавлении OTA функций в приложение (как описано в примерах) наблюдается нестабильная работа устройства. Поэтому пришлось пойти на хитрость.

На приборной панели Cayenne была добавлена кнопка *Switch to Update Mode* (переключить в режим обновления прошивки), при нажатии на которую в EEPROM контроллера записывается флаг, указывающий на необходимость запуска OTA после перезагрузки контроллера. Далее выполняется программная перезагрузка контроллера и, если установлен флаг запуска OTA, инициализируется сервер с определенным IP-адресом (и именем) в локальной сети. В браузере переходим по указанному адресу и видим страницу, на которой выбираем бинарный файл прошивки и отправляем его на сервер. Если прошивка выполнена удачно, то в EEPROM контроллера удаляется флаг запуска OTA и выполняется перезагрузка контроллера. После рестарта (флаг OTA отсутствует) инициализируется сервис Cayenne и выполняется основное приложение.



**Рисунок 2.** Свойства кнопки переключения контроллера в режим OTA на приборной панели Cayenne.

Рассмотрим подробнее основные моменты.

Кнопка *Switch to Update Mode* на приборной панели Cayenne (Рисунок 2) подключена к виртуальному каналу 4 (Virtual Channel 4). При нажатии на кнопку (иконка кнопки становится активной) с сервера Cayenne передается в контроллер значение, равное 1. Обработка нажатия кнопки и установка флага OTA в EEPROM выполняются в функции `CAYENNE_IN(V4)` (Листинг 1).

**Листинг 1.** Обработчик нажатия кнопки на приборной панели и запись флага OTA в EEPROM контроллера.

```
CAYENNE_IN(V4) {
  Cayenne_OTA_Button = getValue.asInt();
  if (Cayenne_OTA_Button == 1) {
    EEPROM.begin(4);
    EEPROM.write(0, 83);
    EEPROM.commit();
    delay(2000);
  }
}
```

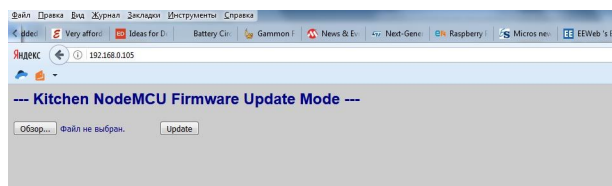
Обратите внимание на функции работы с EEPROM. У СМК ESP8266 отсутствует энергонезависимая память, область EEPROM (4 байта) выделяется во внешней Flash-памяти программ. Запись флага (значение 83 соответствует ASCII символу S) производится по адресу 0.

В основном цикле программы отслеживается состояние переменной `Cayenne_OTA_Button`, и если она равна 1, то деактивируем кнопку *Switch to Update Mode* на приборной панели, выполняем задержку на 4 секунды и перезагружаем контроллер (Листинг 2).

**Листинг 2.** Деактивируем кнопку на приборной панели и выполняем перезагрузку контроллера.

```
if (Cayenne_OTA_Button == 1) {
  Cayenne_OTA_Button = 0;
  Cayenne.virtualWrite(V4, Cayenne_OTA_Button);
  delay(4000);
  ESP.restart();
}
```

После перезагрузки модуля выполняется функция инициализации `setup()`, в которой проверяется флаг `OTA_Start_Flag`. Если флаг установлен, то выполняется инициализация сервера и содержимого веб-страницы. В основном цикле (при установленном флаге) запускается сервер, и при обращении клиента генерируется веб-страница (Рисунок 3). Также запускается таймер на 3 минуты – по истечении этого времени сбрасывается флаг OTA, выполняется перезагрузка модуля и



**Рисунок 3.** Веб-страница, генерируемая контроллером в режиме обновления прошивки по Wi-Fi.

переход к выполнению основного приложения (Листинг 3). Состояние готовности сервера и его IP-адрес можно узнать в мониторе последовательного порта в среде Arduino IDE (если устройство подключено по USB к ПК) или в ARP таблице маршрутизатора. В настройках маршрутизатора лучше сразу прописать постоянный IP-адрес для контроллера (по MAC-адресу).

**Листинг 3.** Запуск сервера OTA, обработка подключенного клиента и запуск таймера времени для обновления прошивки контроллера.

```
if (OTA_Start_Flag == 83) {
  server.handleClient();
  if (millis() - timeout_1 > interval_2) {
    EEPROM.begin(4);
    EEPROM.write(0, 70);
    EEPROM.commit();
    delay(1000);
    ESP.restart();
  }
}
```

Выбираем файл прошивки (как найти бинарный файл прошивки, скомпилированный в Arduino IDE, думаю, объяснений не требует) и нажимаем кнопку Update. Прошивка займет несколько секунд, после чего в браузере появится сообщение о статусе процесса обновления, сбросится флаг OTA (запись в EEPROM по адресу 0 десятичного значения 70, ASCII символ F), спустя несколько секунд контроллер автоматически перезагрузится и перейдет к выполнению основного приложения.

Кроме того, в скетче вы можете задать имя Host-устройства, по которому можно обратиться в адресной строке браузера, когда контроллер находится в режиме обновления прошивки, а также это имя будет отображаться в списке DHCP маршрутизатора. В скетче имя задается как константа:

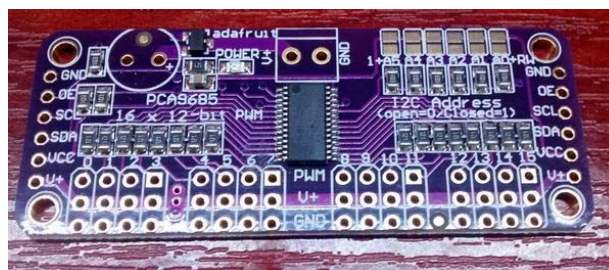
```
const char* host = "ESP-Kitchen";
```

Следует отметить, что также просто можно реализовать режим обновления прошивки с дополнительной защитой по логину и паролю.

Первоначально прошивка с поддержкой OTA функций программируется в контроллер стандартным способом (по USB). После этого можно пользоваться функцией обновления по Wi-Fi; главное не забыть, чтобы в обнов-

## Загрузки

[Исходный код \(скетч Arduino\) с поддержкой OTA](#)



**Рисунок 4.** Плата ШИМ контроллера на микросхеме PCA9685.

ленной прошивке (скетче) присутствовали функции OTA. В ходе этого процесса вы столкнетесь с одним неудобством. Дело в том, что после первого OTA обновления потребуется однократно выполнить аппаратный сброс Wi-Fi модуля (кнопка сброса на NodeMCU). В последующих OTA обновлениях все будет происходить автоматически. Связано это с какими-то внутренними регистрами и архитектурой чипа ESP8266.

Еще один недостаток, выявленный в работе контроллера подсветки, связан с программной реализацией ШИМ в среде Arduino. При малых значениях ШИМ наблюдается нестабильность скважности ШИМ сигнала в моменты обращения к датчику температуры DS18B20, которая проявляется кратковременным и слабозаметным миганием светодиодной ленты. Поэтому, думаю, что потребуется отказаться от использования программного ШИМ в ESP8266 в пользу распространенной микросхемы 16-канального ШИМ PCA9685 или платы расширения на ее основе с управлением по интерфейсу I<sup>2</sup>C (Рисунок 4). **PL**

## Ссылки

1. [Разработка IoT устройств на Arduino с помощью сервиса myDevices Cayenne](#)
2. [Контроллер управления подсветкой рабочей зоны на кухне. Часть 1. Версия на Arduino](#)
3. [Контроллер управления подсветкой рабочей зоны на кухне. Часть 2. Вариант на NodeMCU](#)
4. [Over The Air Updates ESP8266 \(OTA\)](#)
5. [Все проектные файлы для контроллера подсветки на NodeMCU](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Espressif ESP8266](#)
2. [Datasheet NXP PCA9685](#)
3. [Datasheet Maxim Integrated DS18B20](#)

# Пассивный тонкомпенсированный регулятор громкости с НЧ коррекцией

## Часть 2

Окончание. Начало в номере 09-2017

Алексей Кузьминов, Москва

Разводка плат сделана автором с помощью программы Sprint Layout 6.0, а изготовление плат и их фотошаблонов кратко описано в [1]. Как видно из Рисунка 3а, плата ТКРГ по схеме на Рисунке 2 получилась небольшого размера (20×40 мм), а ее фотографии (Рисунок 3б, в, г) позволяют судить о внешнем виде устройства.

Трансформатор TOT18 (взятый, на всякий случай, на пробу, поскольку его небольшая индуктивность в 2.0 Гн вызывала сомнения автора в качественной работе ТКРГ на его основе), как ни странно, показал просто отличный результат с конденсатором 47 мкФ по схеме Рисунок 4. За счет применения всего одного 14-контактного разъема XRI

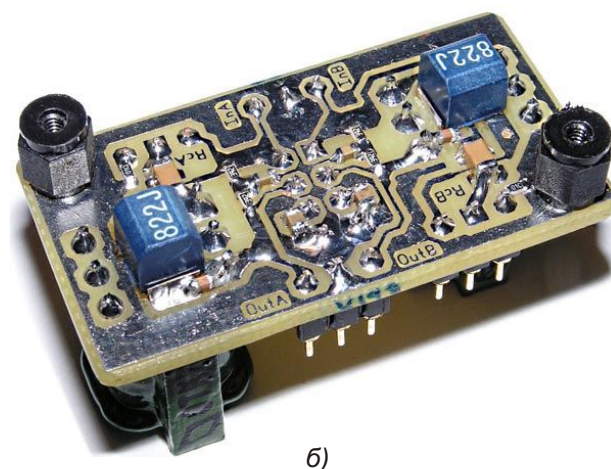
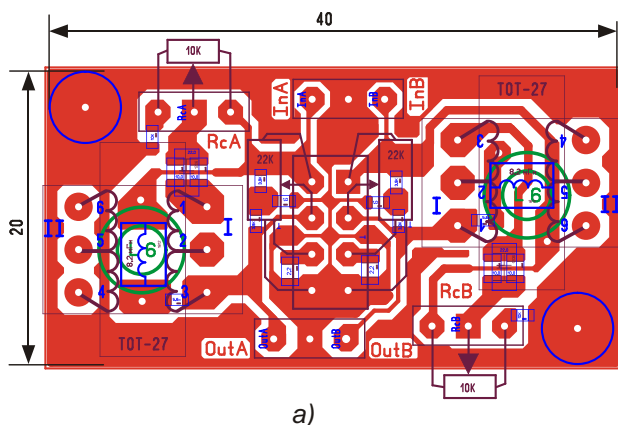
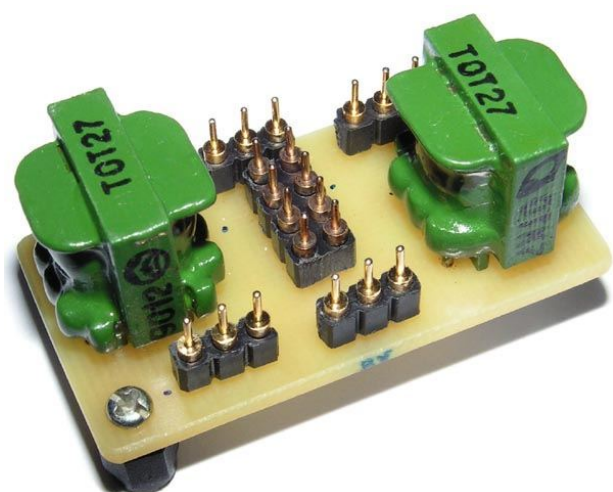
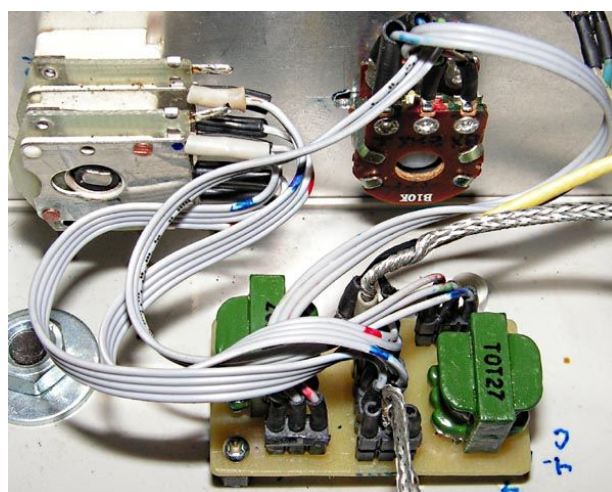


Рисунок 3. Регулятор громкости (схема Рисунок 2): а – разводка; б – фотография со стороны печатных проводников.





е)



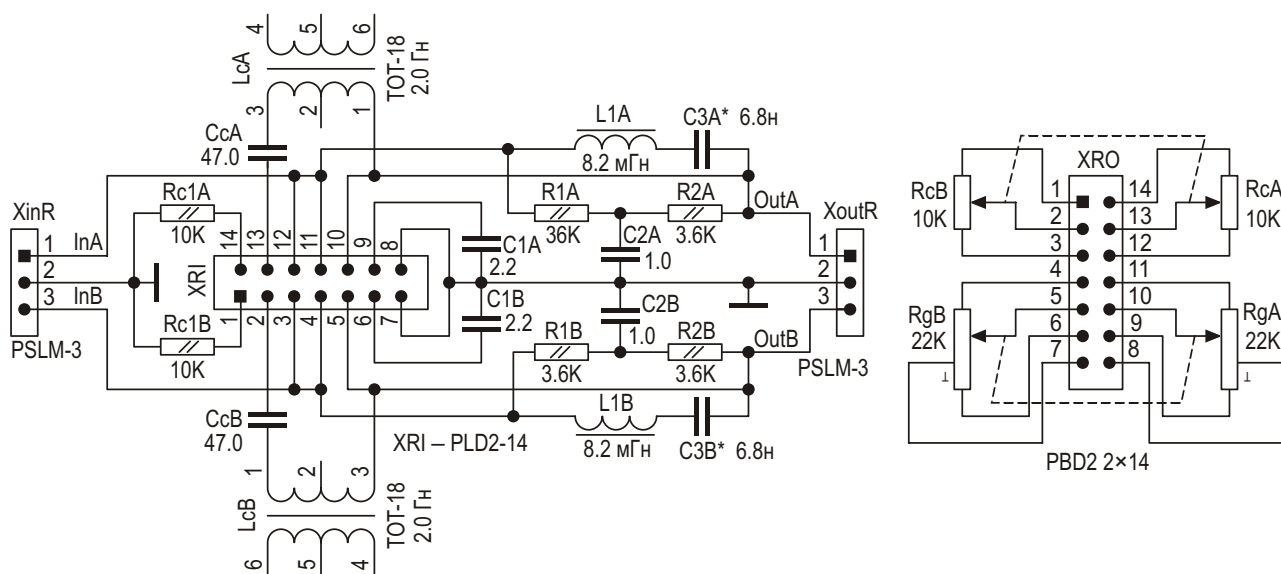
г)

**Рисунок 3.** Регулятор громкости (схема Рисунок 2): в, г – фотографии (в – со стороны трансформаторов, г – в составе усилителя [1]).

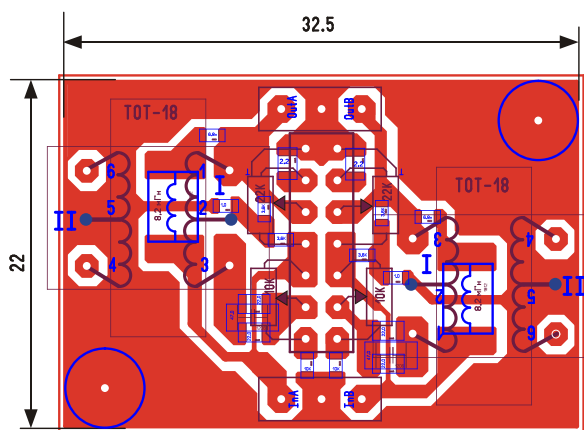
(двухрядные штыри с шагом 2 мм – PLD2-14), к которому подключается ответный разъем XRO (двухрядные гнезда – PBD2 2×14) с подключенными к нему обоими переменными резисторами RcA-RcB и RgA-RgB, схема несколько упростилась (по сравнению со схемой Рисунок 2). За счет небольшого снижения номиналов резисторов R1A, R2A, R1B и R2B (до 3.6 кОм против 3.9 кОм в схеме Рисунок 2) несколько увеличилась добротность соответствующих контуров, что позволило немного увеличить емкости конденсаторов C3A и C3B (до 6.8 нФ против 5.6 нФ),

приблизив максимум пика резонансной кривой к 20 кГц. Все это позволило получить минимум АЧХ ТКРГ в районе 1.5 кГц (как и в схеме на Рисунок 2). Конденсаторы CcA и CcB – для поверхностного монтажа размером 1206 на напряжение 6.3 В. Остальные компоненты схемы Рисунок 4 – те же, что и в схеме Рисунок 2.

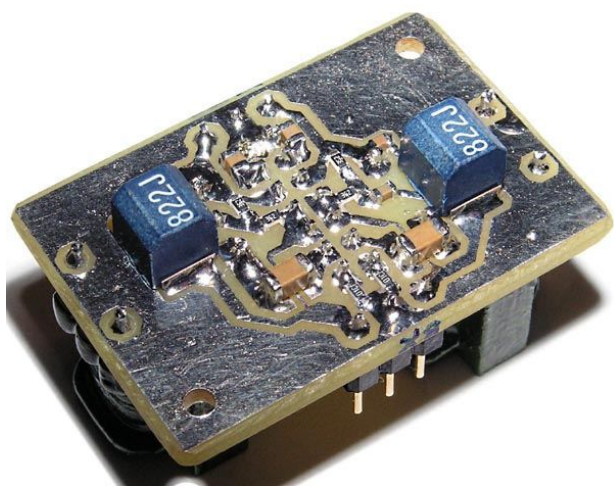
Разводка платы (Рисунок 5а) размером 32.5×22 мм получилась несколько меньшей площади (715 мм<sup>2</sup>), чем предыдущая плата (Рисунок 3а, 800 мм<sup>2</sup>). В дополнительных материалах к статье разводка обеих плат



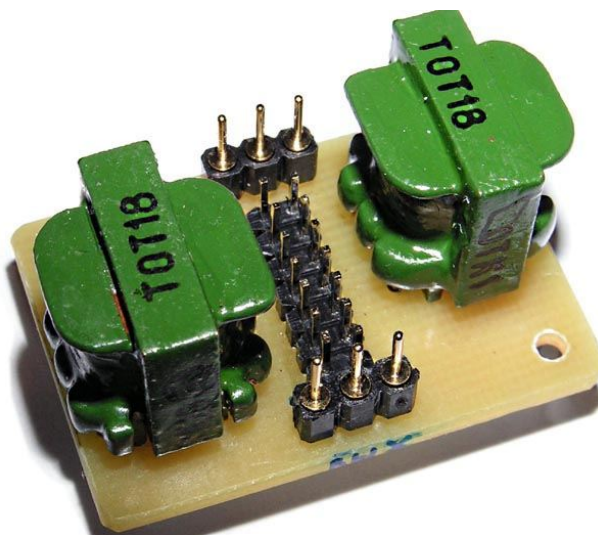
**Рисунок 4.** Принципиальная схема двухканального ТКРГ на основе трансформатора TOT18.



а)



б)



в)

**Рисунок 5.** Регулятор громкости (схема Рисунок 4): а – разводка; б, в – фотографии (б – со стороны печатных проводников, в – со стороны трансформаторов).

приведена в файле формата \*.laub. Здесь необходимо добавить, что неиспользуемые выводы 2 и 5 трансформатора откусываются, и, таким образом, трансформатор держится на четырех ножках (1, 3, 4 и 6), в отличие от крепления трансформатора на плате Рисунок 3 всеми шестью ножками. Фотографии (Рисунок 5б, в) позволяют судить о внешнем виде устройства.

Для получения АЧХ ТКРГ автор использовал звуковую карту компьютера и программу анализатора спектра в реальном времени (Real Time Analyser – RTA).

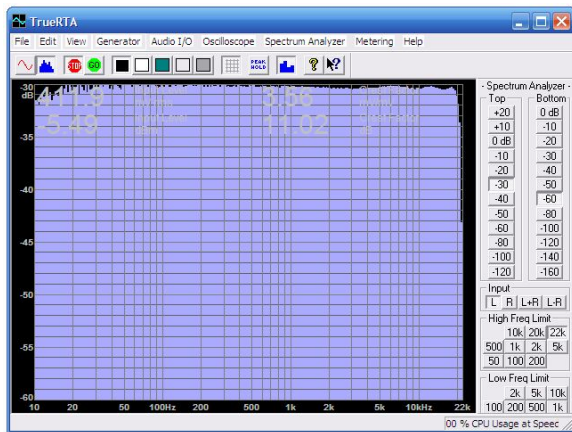
Генератором автору служил звуковой файл с тестовым сигналом. В качестве такового – так называемый розовый шум, в котором амплитуды распределены обратно пропорционально частоте. Такое распределение амплитуд розового шума соответствует равномерному распределению мощности по

всем частотам, а поскольку анализатор спектра показывает мощность сигнала на определенной частоте, то розовый шум на анализаторе представляет собой горизонтальную прямую линию. О тестовых сигналах и различного рода шумах более подробно написано в статье [7].

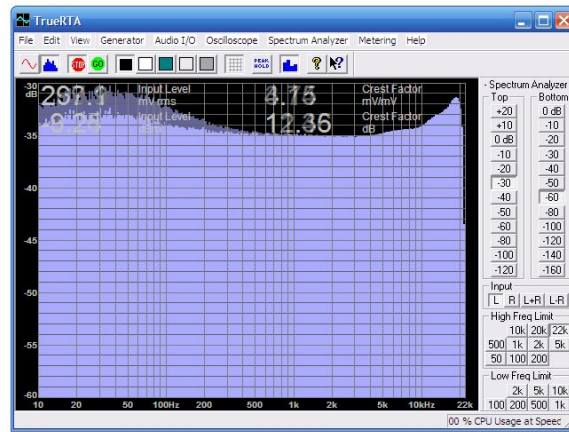
Измерение спектра выполнялось бесплатно распространяемой программой TrueRTA (ее можно скачать из Интернета). Звуковые файлы *PseudoPink\_30sec.wav*, *PinkNoise.flac* (розовый шум) также были скачаны из Интернета и записаны на телефоне.

Наиболее качественным розовым шумом (который и использовался автором) отличается звуковой файл *PseudoPink\_30sec.wav* (этот файл приведен в дополнительных материалах к первой части статьи). При проигрывании этого файла плеером jetAudio Plus в его настройках, во-первых, необходимо

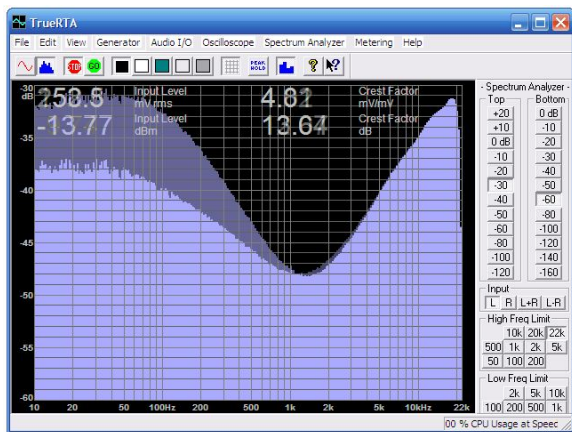




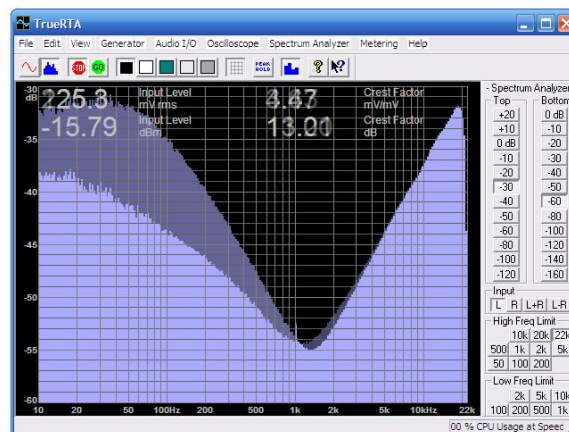
а)



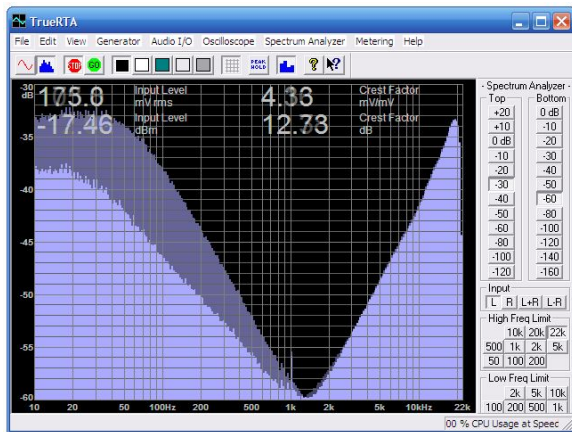
б)



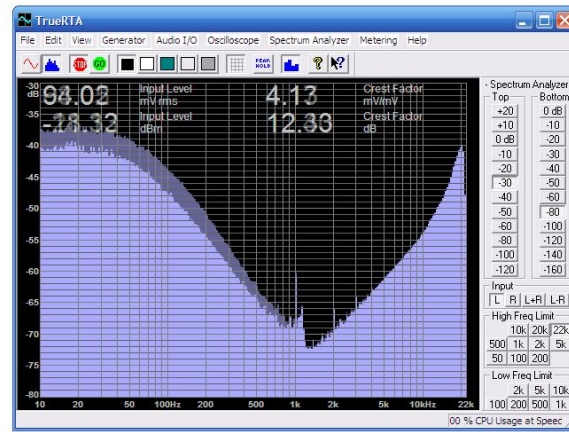
в)



г)



д)



е)

**Рисунок 6.** Снимки экранов при различных уровнях громкости и НЧ-коррекции: непрозрачный – без НЧ коррекции, прозрачный – с коррекцией (около 5% максимума); а – максимум громкости, б –  $\frac{7}{8}$  максимума, в –  $\frac{3}{4}$ , г –  $\frac{1}{2}$ , д –  $\frac{1}{4}$ , е –  $\frac{3}{8}$  (диапазон значений по вертикали [дБ]: а...д: -30 ... -60; е: -30 ... -80).

выбрать опцию **Повтор текущей композиции**, чтобы зациклить воспроизведение и, во-вторых, убрать «галочку» в опции **Затухание звука при паузе, возрастание при возобновлении**, иначе через каждые 30 секунд громкость будет снижаться на несколько секунд, и для получения качественной «кар-

тинки» АЧХ необходимо будет «ловить момент».

Сигнал с выходного разъема телефона для наушников подавался на вход регулятора громкости, а сигнал с его выхода – на разъем микрофонного входа звуковой карты компьютера. Этот разъем (сиреневого цвета) распо-



ложен прямо на лицевой панели системного блока. Как видим, и аппаратные, и программные средства снятия АЧХ регулятора громкости абсолютно бесплатны и легкодоступны.

На Рисунке 6 приведены графики спектров, полученные с помощью вышеописанной технологии снятия АЧХ регулятора громкости. Дробные значения от максимума соответствуют углу поворота движка резистора от максимального, составляющего около 300° (а не значениям его сопротивления).

Снимок экрана на Рисунке 6а приведен для двойной цели. Во-первых, чтобы показать, что у розового шума спектр представляет собой практически горизонтальную прямую (белый шум на этом же графике представлялся бы наклонной прямой с максимумом, совпадающим с максимумом розового шума справа, и минимумом, составляющим 10%...30% от максимума – слева). Во-вторых, для того чтобы продемонстрировать полное отсутствие коррекции АЧХ ТКРГ при максимальной громкости.

Анализ остальных графиков (Рисунки 6б-6е) позволяет сделать следующие выводы.

1. С помощью НЧ-коррекции можно существенно повысить уровень составляющих спектра в области НЧ и, таким образом, снять недостаток регулятора громкости [5], связанный с несоответствием его АЧХ с АЧХ линий равной громкости в области самых низких частот.

2. При НЧ коррекции минимум кривой АЧХ приходится на 1.5 кГц (т.е., смещен вправо), что существенно ближе к кривым равной громкости, а без НЧ коррекции этот минимум составляет около 1 кГц, что дальше от кривых равной громкости.

3. Анализируя правую часть графиков Рисунки 6б-6е, можно также заметить, что НЧ коррекция абсолютно не влияет на уровни составляющих спектра в области СЧ и ВЧ (т.е. выше 2 кГц).

Графики Рисунки 6в-6д показаны для случая, когда движок резистора НЧ коррекции

установлен в положение, соответствующее 5/6 максимума (угла поворота), при котором максимум АЧХ на НЧ соответствует максимуму на ВЧ. Это означает, что в области НЧ максимум АЧХ можно еще немного поднять. Последнее особенно актуально для тех акустических систем (более дешевых и менее качественных), у которых АЧХ начиная с 50-60 Гц, испытывает существенный спад. Другими словами, применение в подобном ТКРГ НЧ-коррекции в области самых низких частот позволяет несколько поднять АЧХ таких акустических систем и, таким образом, повысить комфортное восприятие их звучания в области НЧ.

И последнее, что следует отметить. Как видно из схем, подобный ТКРГ – полностью пассивный, то есть в нем отсутствуют какие-либо ОУ, транзисторы и иные активные компоненты. А, как известно, именно пассивный ТКРГ отличается исключительно низким уровнем шума.

Высокое качество работы подобного регулятора громкости послужило причиной заменить ТКРГ в усилителе, описанным автором в статье [1]. [РД](#)

## Литература

1. Кузьминов А. Применение инструментального усилителя в усилителе низкой частоты. – Современная электроника, 2016, № 6, с. 46 – 51.
2. Стародуб Д. Блок регуляторов тембра высококачественного усилителя НЧ. – Радио, 1974, № 5, с. 45, 46.
3. Шихатов А. Тонкомпенсированные регуляторы громкости. – Радио, 2000, № 10, с. 12, 13.
4. Пахомов А. Тонкомпенсированный регулятор громкости с активной бас-коррекцией. – Радио, 2003, № 6, с. 12 – 14.
5. Демченко Б. Тонкомпенсированный регулятор громкости с переменным резистором без отводов. – Радио, 2015, № 12, с. 11 – 13.
6. Сидоров И. Н., Мукосеев В. В., Христинин А. А. Малогабаритные трансформаторы и дроссели. Справочник. – Радио и связь. 1985.
7. Елютин А., Ефремов Н. [Let's Test!](#) АвтоЗвук, 2002, № 7.

# Усилитель очищает от синфазных шумов линию передачи дифференциального видеосигнала RGB

Tamara Papalias

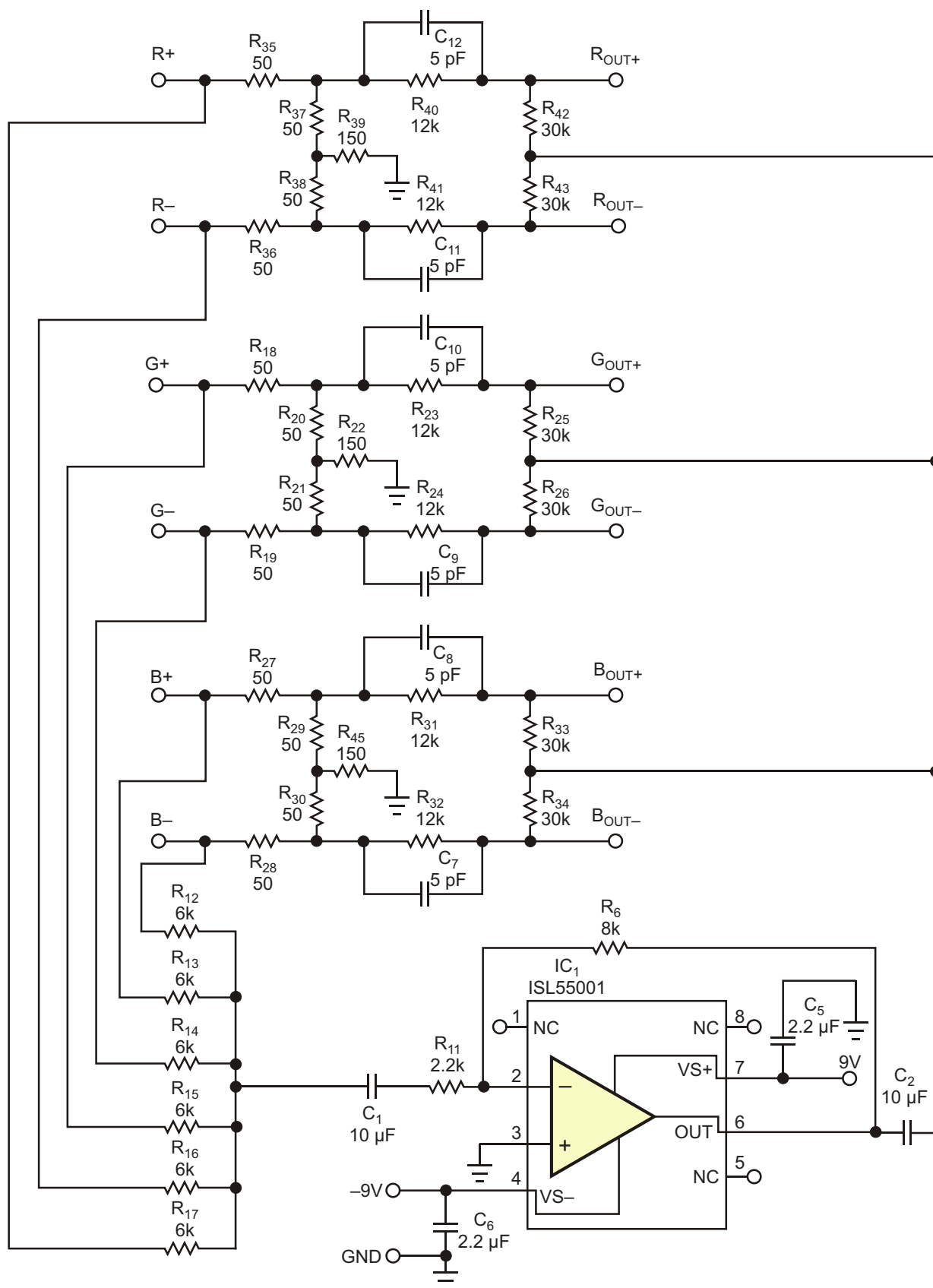
EDN

Использование сетевого кабеля категории 5, состоящего из четырех витых пар в прочной внешней оболочке, является распространенным и недорогим способом передачи компонентных видеосигналов. Три из этих пар могут передавать RGB сигналы изображения, а четвертая пара – сигналы аудио, синхронизации или другого назначения. К сожалению, кабели категории 5 не имеют экранов, а потому подвержены влиянию синфазных наводок, создающих одинаковые напряжения в каждом из их проводников. В качестве первой линии защиты от синфазных проблем вы можете сконфигурировать сигналы RGB как дифференциальные, но любая разность напряжений между землями драйверов витых пар и приемников будет приводить к возникновению синфазных сигналов на каждой входной линии.

Напряжения синфазных шумов ухудшают качество видеосигналов. В этой статье показано, как, используя один операционный усилитель, можно минимизировать влияние синфазных сигналов на приемники дифференциальных компонентных видеосигналов. Как видно из схемы подключения вывода земли приемника (в канале красной компоненты) на Рисунке 1, напряжения каждого из диффе-

ренциальных сигналов RGB, измеренные относительно земли, отличаются от напряжений на драйверах. Для сохранения качества сигнала и минимизации отражений каждая витая пара, передающая видеосигнал, должна иметь согласующий резистор сопротивлением 100 Ом. Например, резисторы  $R_{35}$  и  $R_{37}$  согласуют линию R+, а  $R_{36}$  и  $R_{38}$  – линию R-. Точно так же согласуются линии каналов G и B. Любое синфазное напряжение на сигнальной паре R выделяется в точке соединения  $R_{37}$  и  $R_{38}$  на резисторе  $R_{39}$ .

Чтобы удалить синфазное напряжение, операционный усилитель IC<sub>1</sub> суммирует и инвертирует сигналы всех трех или четырех сигнальных пар. Например, сложение сигналов R+ и R- исключает их дифференциальные составляющие и удваивает синфазное напряжение, вносимое каждой линией. Конденсаторы C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> обеспечивают связь по переменному току входа и выхода, соответственно. Синфазное напряжение смещения с входа IC<sub>1</sub> через согласованную пару 30-килоомных резисторов  $R_{42}$  и  $R_{43}$  поступает на приемную цепь R+ и R-. Согласованность сопротивлений резисторов  $R_{42}$  и  $R_{43}$  дает гарантию, что дифференциальные напряжения на выводах R<sub>OUT+</sub> и R<sub>OUT-</sub> будут хорошо сбалансированы



**Рисунок 1.** Схема подавления синфазного напряжения ослабляет наводки на неэкранированный кабель категории 5, передающий дифференциальные видеосигналы.



по отношению к входному синфазному напряжению. Конденсаторы  $C_{11}$  и  $C_{12}$  предназначены для подъема высокочастотных компонентов дифференциального видеосигнала.

До подавления синфазной составляющей сигнала на выходах схемы  $R_{OUT+}$  и  $R_{OUT-}$  описываются следующими выражениями:

$$R_{OUT} = \frac{V_{DIFF}}{2} V_{CM},$$

и

$$R_{OUT} = \frac{V_{DIFF}}{2} V_{CM},$$

где

$V_{DIFF}$  – полезный дифференциальный сигнал,

$V_{CM}$  – синфазный сигнал, измеренный относительно местной земли схемы.

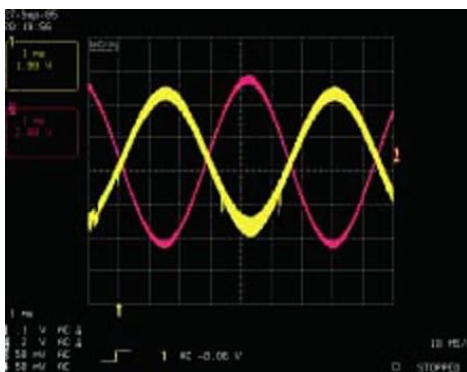
После подавления синфазной составляющей выражения для выходных сигналов будут выглядеть так:

$$R_{OUT} = \frac{V_{DIFF}}{2} V_{CM} V_{CMS} = \frac{V_{DIFF}}{2},$$

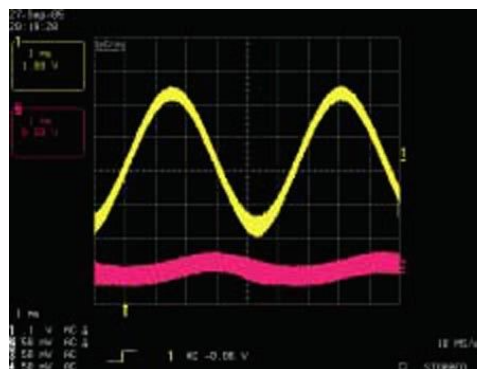
и

$$R_{OUT} = \frac{V_{DIFF}}{2} V_{CM} V_{CMS} = \frac{V_{DIFF}}{2},$$

где  $V_{CMS}$  – суммированное и инвертированное синфазное напряжение на выходе микросхемы  $IC_1$ .



**Рисунок 2.** Синфазный сигнал (желтая осциллограмма) оказывает сильное влияние на видеосигнал (розовая осциллограмма).



**Рисунок 3.** Применение схемы подавления Рисунок 1 значительно уменьшает уровень синфазного напряжения в видеосигнале.

На Рисунке 2 показан типичный принятый сигнал с размахом 1 В, приходящий по линии R+ (желтая осциллограмма) и сопровождающий его синфазный сигнал с пиковой амплитудой 2 В (розовая осциллограмма). Способность схемы ослаблять синфазные сигналы иллюстрируется Рисунком 3. Несмотря на то, что дифференциальный сигнал (желтый) остается неизменным, синфазный сигнал (розовый) оказывается ослабленным на 80%, или на 14 дБ. Любые рассогласования во временах задержки и уровнях суммированных аналоговых сигналов, вносимые пассивными входными цепями и микросхемой  $IC_1$ , соответственно, делают подавление неполным. Также синфазный сигнал не должен превышать максимальное синфазное напряжение, допустимое для микросхемы  $IC_1$ . Кроме того, микросхема  $IC_1$  должна в широкой полосе частот сохранять устойчивость при единичном усилении, иметь высокую скорость нарастания и, для наилучшей линейности, быть способной работать при относительно высоких напряжениях питания. Этим критериям соответствует выпускаемый компанией Intersil усилитель ISL55001, который и был выбран для предлагаемой схемы. В качестве разделительных используйте на входах и выходах неполярные конденсаторы емкостью не менее 10 мкФ, чтобы гарантированно пропускать самые низкочастотные синфазные напряжения. Возле выводов питания  $IC_1$  установите блокировочные конденсаторы, емкость которых соответствует рабочим частотам схемы. **ПЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Intersil ISL55001](#)

# Точный детектор абсолютной величины входного сигнала

Marco Pisani

EDN

Схема на Рисунке 1 формирует абсолютную величину входного сигнала с точностью, превышающей 10 ppm в пределах всей шкалы. Схема имеет очень незначительную ошибку в области пересечения нуля. Эту схему можно использовать в качестве демодулятора, источника сигнала для логарифмических усилителей, или же просто для демонстрации удивительных возможностей обратной связи. В схеме используются два операционных усилителя (ОУ), пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $R$ , один резистор с удвоенным сопротивлением  $2R$  и четыре термически согласованных диода.

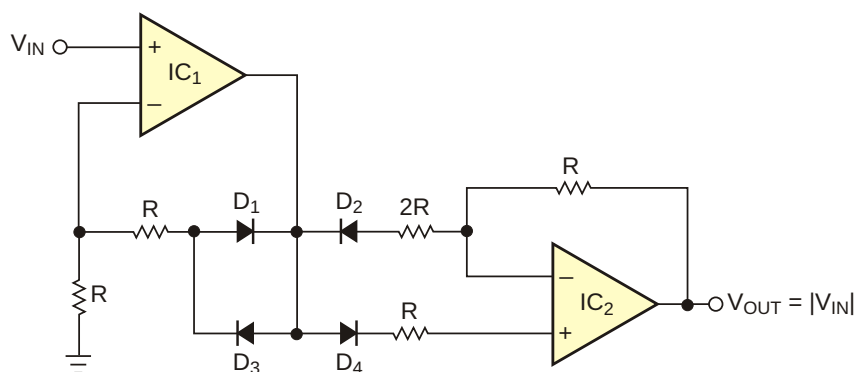
Когда входной сигнал  $V_{IN}$  положительный, напряжение на выходе микросхемы  $IC_1$  равно  $2V_{IN} + V_{D3}$  (напряжение на диоде  $D_3$ ). Диод  $D_3$

закрыт, поэтому  $IC_3$  ведет себя как повторитель напряжения, и

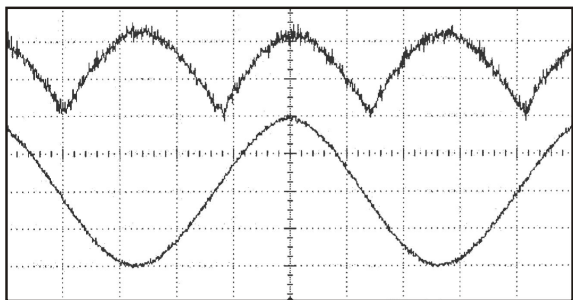
$$V_{OUT} = \frac{R(V_{IC1} - V_{D4})}{2R}.$$

Поскольку токи, идущие через диоды  $D_3$  и  $D_4$ , одинаковы и равны  $V_{IN}/R$  (в предположении, что их характеристики идентичны),  $V_{D3} = V_{D4}$  и  $V_{OUT} = V_{IN}$ . Когда входной сигнал  $V_{IN}$  отрицательный, напряжение на выходе микросхемы  $IC_1$  равно  $2V_{IN} - V_{D1}$ . Смещенный в обратном направлении диод  $D_4$  закрыт, и каскад на микросхеме  $IC_3$  становится инвертирующим усилителем, выходное напряжение которого равно

$$V_{OUT} = \frac{R(V_{IC1} - V_{D2})}{2R}.$$



**Рисунок 1.** Эта схема двухполупериодного выпрямителя дает точное значение абсолютной величины входного сигнала.



**Рисунок 2.** Схема на Рисунке 1 обеспечивает высокую точность абсолютного значения даже при размахе входного сигнала всего 40 мкВ пик-пик.

И точно также, токи диодов  $D_1$  и  $D_3$  равны  $V_{IN}/R$ , а  $V_{OUT} = -V_{IN}$ . Характеристики схемы будут наилучшими при выполнении следующих требований:

- Для гарантии симметричности усиления характеристики шести резисторов должны быть максимально близкими.
- Для минимизации ошибок при низких входных напряжениях диоды  $D_1$ - $D_2$  и  $D_3$ - $D_4$  должны иметь хорошую тепловую связь. (Лучше всего, если каждая пара будет находиться на одном кристалле).

- Операционный усилитель должен иметь низкое напряжение смещения.

В практической схеме в качестве диодов  $D_1 \dots D_4$  можно использовать переходы база-коллектор монолитной транзисторной сборки, такой, например, как MPQ6700. Резисторы должны быть металлопленочными с сопротивлениями 10 кОм и 20 кОм и допустимыми отклонениями не хуже 1%. Для оптимизации параметров последовательно с резисторами можно включить подстроечные резисторы с сопротивлениями 100 Ом. Напряжения смещения операционных усилителей, в качестве которых в этой схеме используются микросхемы OP27, минимизированы внешними резисторами подстройки (на схеме не показаны). После подстройки смещения ОУ и подбора резисторов остаточная погрешность находится в пределах 100 мкВ пик-пик во всем диапазоне рабочих напряжений 13 В пик-пик. Рисунок 2 иллюстрирует поведение схемы при размахе входного сигнала 40 мкВ пик-пик (нижняя осциллограмма). **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Central Semiconductor MPQ6700](#)
2. [Datasheet Analog Devices OP27](#)



# Недорогой малопотребляющий преобразователь дифференциального сигнала в несимметричный

Chau Tran и Jordyn Rombola, Analog Devices

Analog Dialogue



## Вопрос:

Как с небольшими затратами денег и потребляемой мощности реализовать на усилителе переход от дифференциального входа к несимметричному выходу?

## Ответ:

Во многих приложениях требуются высококачественные дифференциальные усилители для преобразования слабых дифференциальных сигналов в несимметричный сигнал с опорным уровнем земли. Как правило, напряжения на двух входах имеют большую общую синфазную составляющую. Дифференциальный усилитель удаляет синфазное напряжение, а оставшееся напряжение усиливается и выводится на выход усилителя как несимметричный сигнал. Удаленное напряжение может быть как переменным, так и постоянным, и, как правило, это синфазное

напряжение больше, чем дифференциальный входной сигнал. Эффективность подавления снижается по мере увеличения частоты синфазного напряжения. Усилители внутри одного корпуса лучше согласованы, имеют одинаковые паразитные емкости и не требуют внешних соединений. Поэтому частотные характеристики сдвоенного высококачественного широкополосного усилителя лучше, чем характеристики отдельных усилителей.

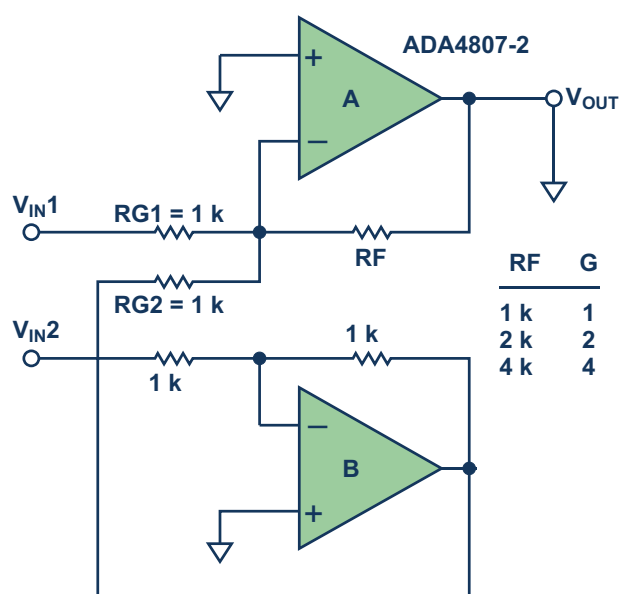


Рисунок 1. Усилитель с дифференциальным входом и несимметричным выходом.

Простое решение, основанное на использовании сдвоенных прецизионных усилителей с резистивной обратной связью, показано на Рисунке 1. Схема демонстрирует несложный способ преобразования дифференциального входа в несимметричный выход с возможностью регулировки усиления. Коэффициент усиления  $G$  этой системы находится из выражения (1):

$$V_{OUT} = G (V_{IN1} - V_{IN2}), \quad (1)$$

где

$$G = RF/1 \text{ кОм},$$

$(V_{IN1} - V_{IN2})$  – дифференциальное входное напряжение.

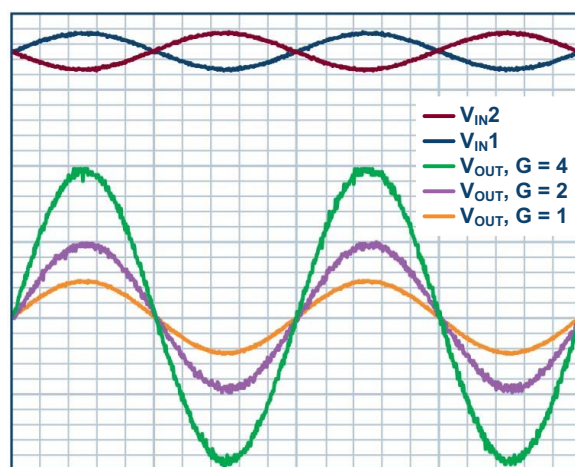
Как правило, такой метод обеспечивает более стабильные результаты измерений в присутствии электромагнитных и радиочастотных помех. Это особенно актуально при измерении сигналов термопар, тензодатчиков и мостовых датчиков давления, поскольку они вырабатывают очень слабые сигналы в зашумленной среде.

По сравнению с несимметричными входами эта схема может улучшить характеристики системы, не только измеряя разность напряжений между положительным и отрицательным выводами датчика, но также обеспечивая подавление синфазного сигнала при некотором усилении полезного сигнала. Более того, датчик и аналоговая схема обработки его сигналов могут иметь разные земли. Во многих приложениях важно иметь выходное напряжение, привязанное к земле. Точность системы зависит от допусков используемых в схеме резисторов.

Схема может преобразовывать дифференциальный выход в несимметричный выход и позволяет регулировать усиление. Усиление схемы определяется соотношением сопротивлений резисторов  $RF$  и  $RG1$ , в предположении, что  $RG2 = RG1$ , и коэффициент усиления усилителя  $V$  равен  $-1$ .

Например, хорошо подойдет для этого приложения сдвоенный усилитель ADA4807-2 с полосой пропускания 180 МГц, на котором можно сделать схему инвертирующего усилителя с низким уровнем шумов. Благодаря низкому току потребления с типовым значением 1000 мкА, схема идеально подходит для преобразования данных в малопотребляющих системах высокого разрешения.

Входное синфазное напряжения может выходить за пределы напряжений шин питания. Rail-to-rail выход делает эту схему удобной для приложений обработки сигналов в присутствии больших синфазных составляющих или больших выходных напряжений. Примером может служить, например, плата сбора данных, в которой используется АЦП, рассчитанный на несимметричный входной сигнал от 0 В до 5 В. Однако источником сигнала оказывается дифференциальное напряжение, формируемое измерительным мостом, где сигнал в присутствии синфазных шумов изменяется на одном выводе в положительную сторону, а на другом – в отрицательную.



**Рисунок 2.** Характеристики простого преобразователя дифференциального сигнала в несимметричный сигнал.

Осциллограммы на Рисунке 2 были получены для дифференциального входного сигнала и различных коэффициентов усиления схемы, которые задаются резистором  $RF$ . Как можно видеть, коэффициент усиления системы равен 1, 2 и 4 при дифференциальном входном напряжении частотой 1 кГц с размахом 1 В пик-пик.

Схема полезна для измерения небольшой разности двух больших напряжений. Например, представим себе простое решение, предназначенное для того, чтобы с точностью 1% измерять выходное напряжения схемы с мостом Уитстона, возбуждаемым напряжением 3 В относительно земли, в системе, питающейся от батареи 3 В. Использование однопроцентных или более точных резисторов обеспечит требуемый уровень точности, а схема подавит любой синфазный сигнал и усилит ослабленный сигнал моста в соответствии с установленным коэффициентом

том усиления. При подключении к АЦП требуется некоторая схема смещения уровня, чтобы получить выходной сигнал, изменяющийся в диапазоне от 0 В до 5 В.

Схема предоставляет отличную комбинацию малых искажений и низкого тока потребления. Решение на сдвоенном операционном

усилителе получается недорогим, а использование дифференциального усилителя обеспечивает улучшенные характеристики. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices ADA4807-2](#)



# Гистерезисный регулятор напряжения солнечной батареи без индуктивных элементов

Ausias Garrigos & David Marroqui

EDN

Фотогальванические системы обычно содержат средства накопления энергии – аккумуляторы или ионисторы, – обеспечивающие нагрузку питанием в отсутствие солнечного света или в периоды пикового потребления. Однако системы, которые могут обойтись без накопителей энергии, являются более экологичной альтернативой с большим временем безотказной работы.

Идея схемы, изображенной на Рисунке 1, основана на использовании регулятора

напряжения фотогальванической батареи, работающего в гистерезисном режиме и позволяющего достичь высоких значений КПД. Схема легко масштабируется и содержит только дискретные компоненты.

P-канальный MOSFET M1, включаясь и выключаясь, заряжает выходной конденсатор C1. Когда ключ M1 разомкнут, напряжение фотогальванического источника равно напряжению холостого хода, и конденсатор C1 разряжается на нагрузку. Когда M1

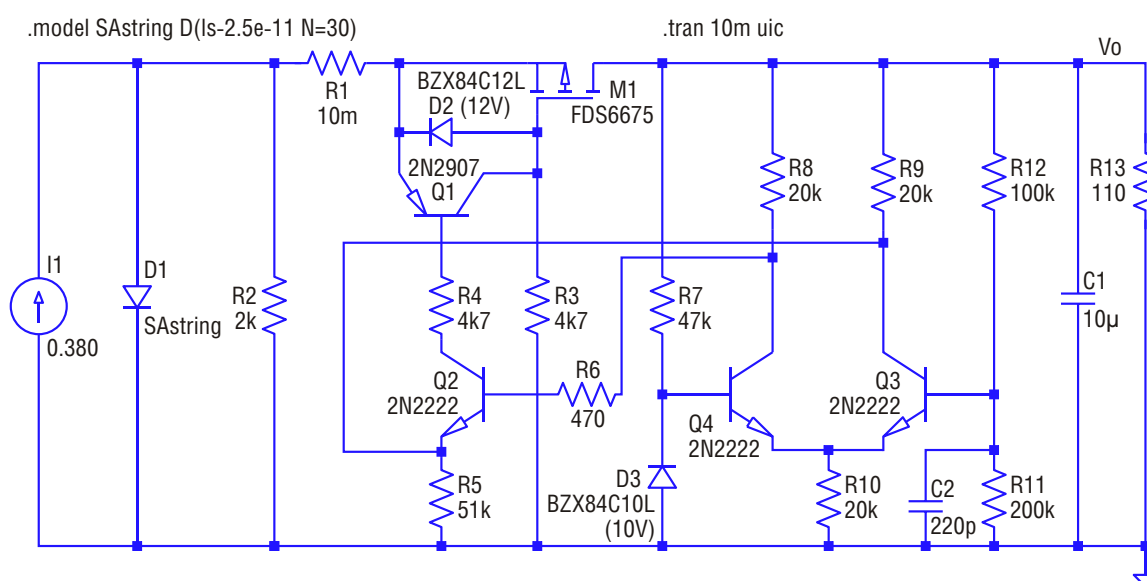


Рисунок 1. Простой автоколебательный регулятор напряжения фотогальванического источника. (Примечание: D2 и D3 стабилитроны).

замкнут, фотогальванический источник подключен к выходному напряжению  $V_O$ , и С1 заряжается вновь.

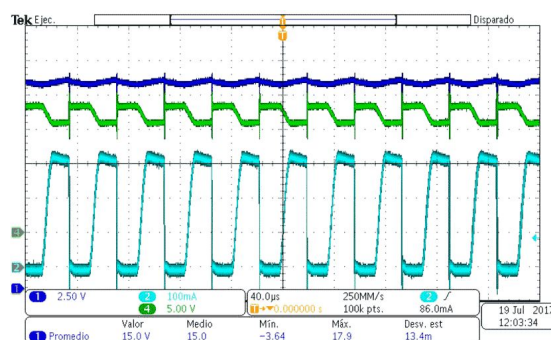
SPICE модель фотогальванического источника представлена элементами I1-D1-R1-R2, замещающими цепочку из соединенных последовательно 30 маломощных кремниевых солнечных ячеек.

Схема работает следующим образом. В начальный момент транзистор М1 открыт, поскольку напряжение на его затворе, определяемое резистором R3 и стабилитроном D2, равно 12 В. По мере заряда конденсатора С1 напряжение на стабилитроне D3 увеличивается до тех пор, пока не достигнет опорного уровня 10 В. Рост  $V_O$  продолжится, и прекратится, когда выход дифференциального усилителя, образованного транзисторами Q3 и Q4, включит Q2 и Q1, которые, в свою очередь, откроют MOSFET М1.

После этого  $V_O$  падает до уровня, при котором выходного напряжения дифференциального усилителя становится недостаточно для удержания транзистора Q2 в открытом состоянии. В таком релейном режиме регулятор остается постоянно, а его выходное напряжение определяется выражением

$$V_O = V_{D3} \frac{R_{12} R_{11}}{R_{11}} \quad (1)$$

Подбирая емкости выходного конденсатора С1 и конденсатора цепи обратной связи С2, можно управлять уровнем пульсаций напряжения и частотой переключения. Увеличение емкости С2 замедляет реакцию на



**Рисунок 2.** Осциллограммы сигналов в регуляторе напряжения. Синий: выходное напряжение; зеленый: входное напряжение; голубой: ток М1.

изменения выходного напряжения, что может потребоваться для обеспечения устойчивости схемы, но увеличивает размах выходных пульсаций. Поэтому рекомендуется соблюдать оптимальный для каждого приложения баланс между частотой переключения и пульсациями выходного напряжения.

На Рисунке 2 показаны осциллограммы сигналов, измеренных на собранном макете схемы. Пульсации на выходе 15 В имеют уровень менее 0.5 В пик-пик, а частота переключения слегка превышает 25 кГц.

В заключение отметим, что описанная схема является простым, но надежным решением, позволяющим получить стабилизированное напряжение от фотогальванического источника. Схема легко адаптируется к необходимым уровням напряжений и токов. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor FDS6675](#)

## Загрузки

[Файл LTSpice](#)



# Высокоимпедансный источник втекающего и вытекающего тока на основе операционного усилителя

*Alfredo H Saab u Steve Logan, Maxim Integrated*

EDN

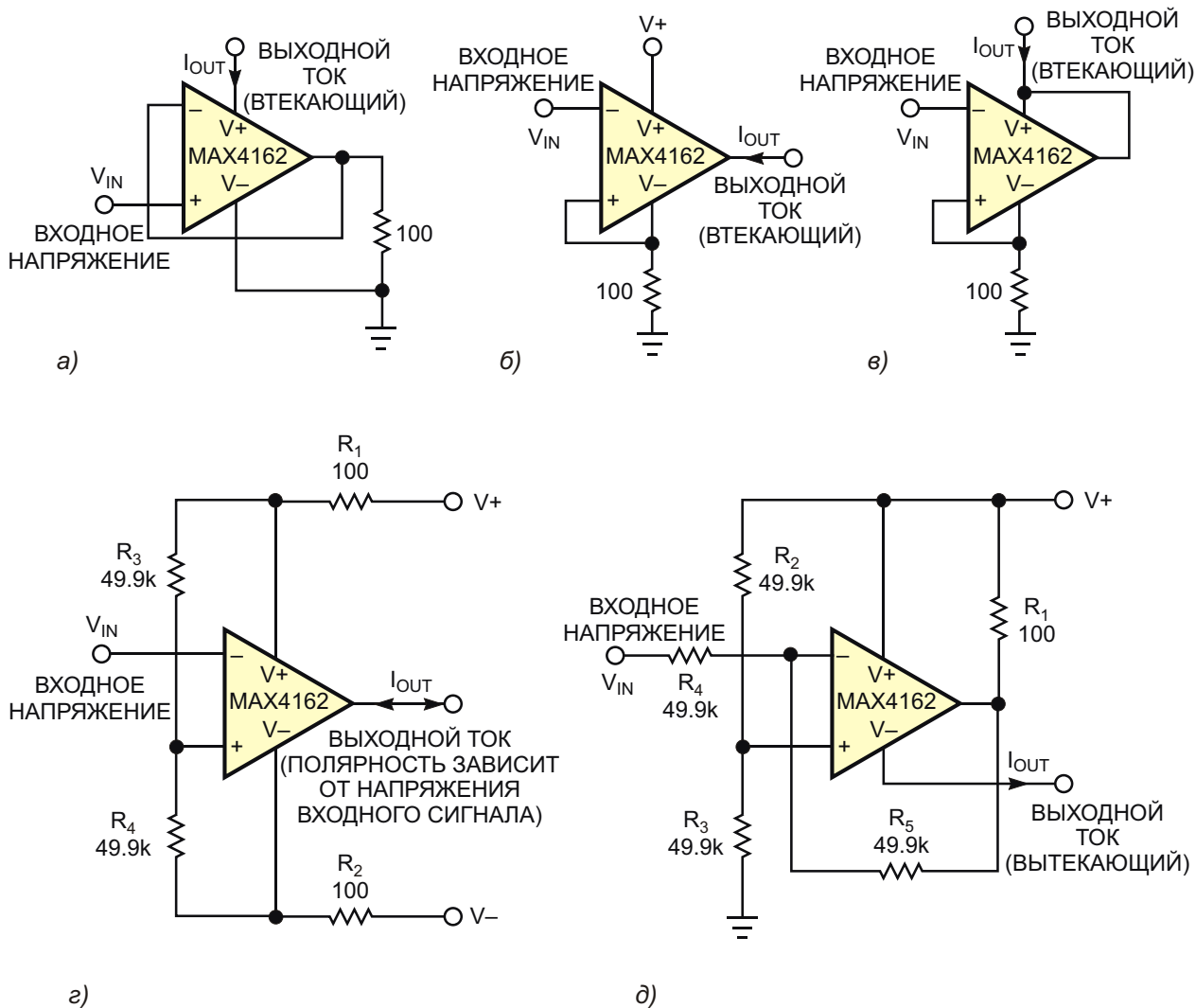
При разработке таких электронных узлов, как источники смещения датчиков, усилителей или генераторов сигналов специальной формы, часто бывают нужны управляемые источники постоянного втекающего или вытекающего тока. Эти схемы обладают высоким динамическим выходным сопротивлением, и в пределах допустимых диапазонов напряжений источника питания способны обеспечивать относительно большие токи. Источник постоянного тока можно собрать на основе операционного усилителя (ОУ) и дискретного внешнего транзистора, но также и с помощью одного операционного усилителя и нескольких резисторов можно сделать биполярный вариант или источник втекающего тока (Рисунок 1). Все схемы источников постоянного тока, представленные на Рисунках 1а-1в, предлагают различные компромиссы между точностью, динамическим сопротивлением и диапазоном доступных токов.

На Рисунке 1г изображена схема биполярного источника тока с более простой конфигурацией цепи обратной связи, чем у обычного токового насоса Хауленда, который требует

положительной обратной связи и имеет непостоянное выходное сопротивление. На Рисунке 1д показан источник втекающего тока. Все эти схемы отличаются высокой линейностью зависимости выходного тока от входного напряжения.

Выходной ток схемы на Рисунке 1а содержит неопределенную составляющую, обусловленную собственным током потребления ОУ, который прибавляется к расчетному выходному току. Впрочем, током покоя таких ОУ, как, например, MAX4162, у которого он равен примерно 25 мкА, в большинстве приложений можно пренебречь. Схема на Рисунке 1б ведет себя похожим образом, но собственный ток потребления не прибавляется, а вычитается. Схема источника втекающего тока на Рисунке 1в не подвержена влиянию собственных токов ОУ, а схема на Рисунке 1г имеет биполярный выход, ток которого может быть как втекающим, так и вытекающим, в зависимости от полярности входного напряжения. Его характеристики зависят от степени совпадения сопротивлений пар резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ ,  $R_4$ , а также от близости абсо-





**Рисунок 1.** Этот сборник схем источников постоянного тока включает источники втекающего (а, б, в), биполярного (г) и вытекающего (д) тока.

любых значений напряжений положительной и отрицательной шин питания. Любые различия между абсолютными значениями напряжений питания проявляются в виде тока смещения при нулевом входном напряжении. Чтобы добиться нечувствительности к вариациям напряжения питания, схема на Рисунке 1д требует точного согласования сопротивлений пар резисторов  $R_2, R_3$  и  $R_4, R_5$ .

Для расчета выходных токов схем, изображенных на Рисунке 1, можно использовать следующие формулы. Отметим внимание, что во всех этих примерах сопротивление нагрузки  $R_{LOAD} = 100 \text{ Ом}$ .

Для Рисунка 1а

$$I_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_{LOAD}} = 25 \text{ мкА};$$

для Рисунка 1б

$$I_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_{LOAD}} = 25 \text{ мкА};$$

для Рисунка 1в

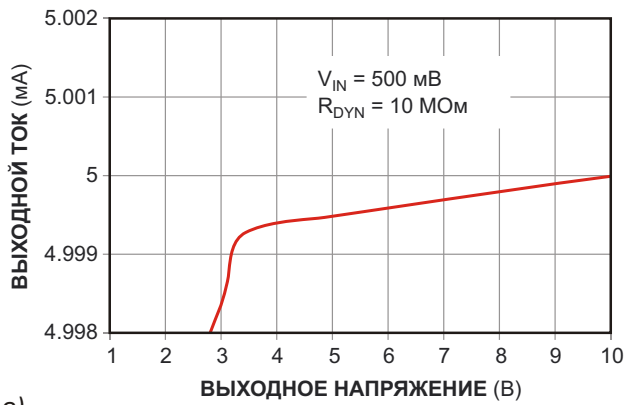
$$I_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_{LOAD}};$$

для Рисунка 1г

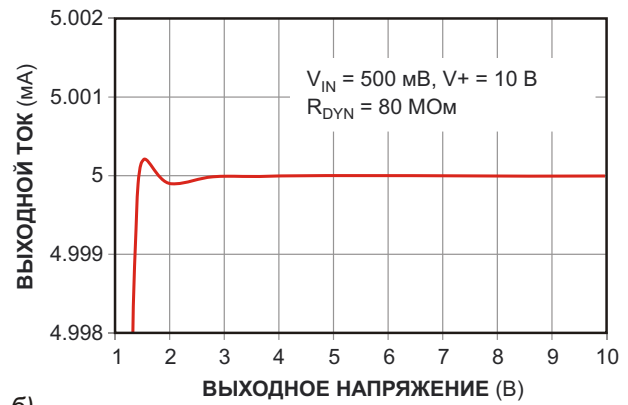
$$I_{OUT} = 2 \frac{V_{IN}}{R_{LOAD}};$$

и для Рисунка 1д

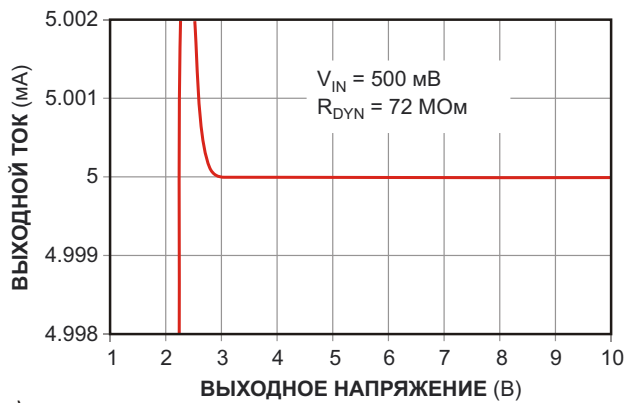
$$I_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_{LOAD}}.$$



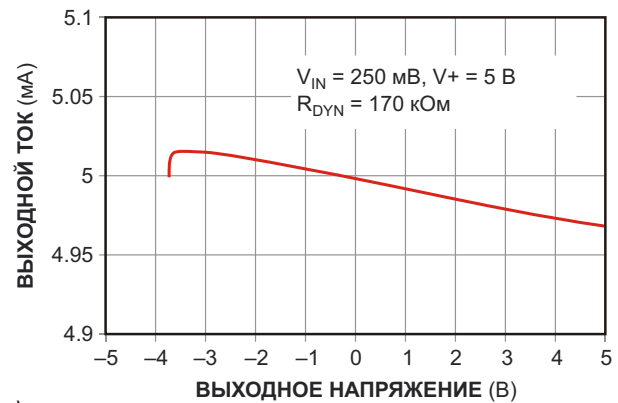
а)



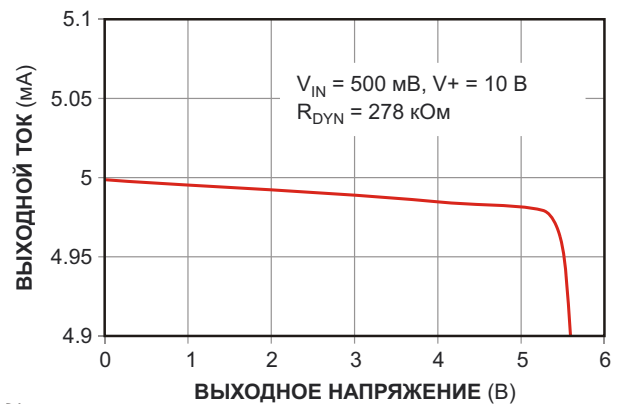
б)



в)



г)



д)

**Рисунок 2.** Эти графики показывают зависимости выходного тока от выходного напряжения для схем на Рисунке 1. Обратите внимание, что динамическое выходное сопротивление  $R_{DYN}$  не сильно отличается от сопротивления идеального источника, для которого  $V_{OUT}/V_{IN} = \dots$  ( $V_{OUT}$  – выходное напряжение).

Формула для схемы на Рисунке 1г подразумевает, что сопротивления и напряжения хорошо согласованы:  $R_3 = R_4$ ,  $R_1 = R_2$  и  $V+ = V-$ . Кроме того, предполагается, что сопротивление резистора  $R_4$  больше, чем  $R_1$ .

Графики зависимости выходного тока от выходного напряжения, приведенные на Рисунке 2 для одинаковых значений номинальных выходных токов, дают представление о динамических сопротивлениях схем и

диапазонах полезных выходных напряжений. Номинальный выходной ток специально выбран большим (5 мА), чтобы нагляднее отобразить характеристики схем в верхней части диапазона. Вы можете оптимизировать динамическое сопротивление и диапазон токов каждой схемы в соответствии с требо-

ваниями конкретного приложения, выбрав подходящие операционные усилители и номиналы резисторов. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX4162](#)

# Использование операционного усилителя в качестве RS-триггера

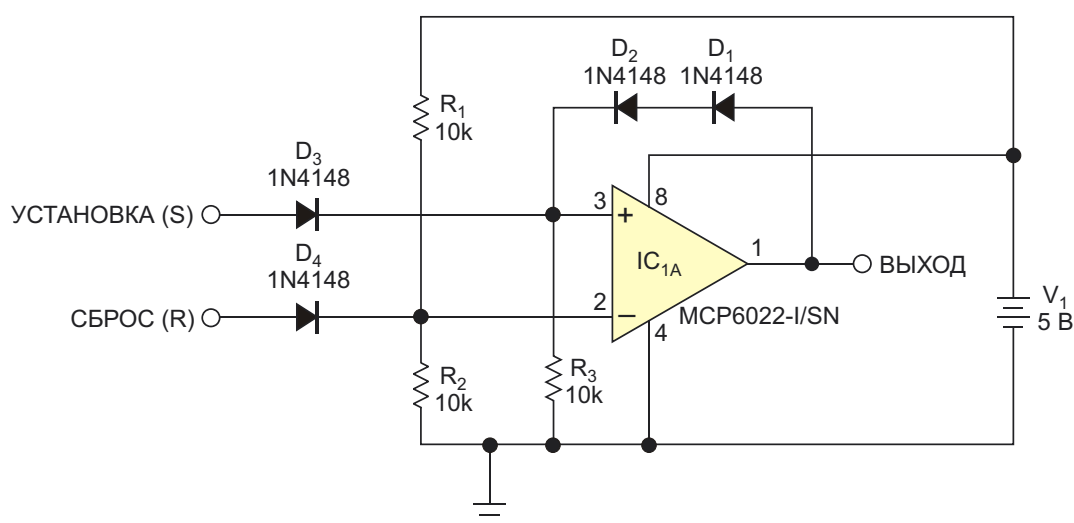
Aruna Rubasinghe

EDN

**RS**-триггер можно собрать из двух логических элементов «И-НЕ» или «ИЛИ-НЕ», или же купить готовую микросхему, такую, например, как 74HC279, в которой содержатся четыре защелки с установкой и сбросом. Но не всегда под рукой у вас есть маловыводные логические микросхемы семейства Little Logic, а триггер, собранный на обычных микросхемах, занимает много места, поскольку даже в том случае, когда требуется лишь один RS-триггер, приходится использовать целый корпус. Однако для выполнения необходимой функции защелки вполне подойдет оставшийся неиспользованным rail-to-rail операционный усилитель (Рисунок 1).

Такая схема требует немного места, так как в корпусе микросхемы MCP6022 размещены два операционных усилителя (ОУ) с rail-to-rail входами и выходами, с помощью которых можно сделать два RS-триггера. Кроме того, выбрав соответствующий ОУ, вы можете сделать схему, работающую при нестандартных напряжениях питания.

С помощью делителя напряжения  $R_1$ ,  $R_2$  на инвертирующем входе ОУ надо установить напряжение 2.5 В. Делать это напряжение более низким нельзя, так как диод  $D_4$  должен оставаться закрытым. Однако вы можете установить на входе уровень «лог. 1». Соединенные последовательно диоды  $D_1$  и  $D_2$  замы-



**Рисунок 1.** Положительная обратная связь и диоды фиксируют выход ОУ в высоком или низком состоянии при подаче положительных импульсов на вход установки или сброса.



кают цепь положительной обратной связи между выходом ОУ и его неинвертирующем входом, напряжение на котором, благодаря резистору  $R_3$ , остается низким до тех пор, пока на выходе и на входе S сохраняются низкие уровни напряжения.

При низком выходном напряжении подача 5-вольтового импульса на вход S открывает диод  $D_3$ ;  $D_1$  и  $D_2$  остаются смещенными в обратном направлении. Выросшее до 4.4 В напряжение на неинвертирующем входе ОУ устанавливает на выходе высокий уровень напряжения, открывающий диоды  $D_1$  и  $D_2$  и фиксирующий на неинвертирующем входе уровень 3.8 В, – намного больший, чем на инвертирующем входе, – даже после того, как сигнал S вернется вниз. Если затем на вход R подать положительный импульс, напряжение на инвертирующем входе увеличится до 4.4 В, что намного больше, чем 3.8 В на неинвертирующем входе, и уровень выходного напряжения ОУ станет низким. После того, как напряжение на входе R вновь станет низким, благодаря закрытому диоду  $D_4$  и 2.5 В на инвертирующем входе, выходной уровень продолжит оставаться низким. Не забывайте, что входные импульсы должны иметь достаточную длительность, учитывающую задержку и скорость нарастания ОУ.

В отличие от настоящей защелки с установкой и сбросом, одновременная подача активных высоких уровней на оба входа приводит к неопределенному результату. Для того чтобы в этих условиях выход находился в нужном логическом состоянии, можно с

помощью последовательного резистора добавить небольшое напряжение смещения на вход S или R. Логические уровни выходов микросхем КМОП логики близки к напряжениям шин питания, поэтому подключать их к таким схемам можно напрямую. Однако если для управления защелкой используются микросхемы ТТЛ, то для того, чтобы обеспечить достаточные уровни входных сигналов, к их выходам потребуется добавить подтягивающие резисторы. При этом чтобы избежать шунтирования подтягивающих резисторов, сопротивления резисторов 10 кОм, возможно, придется увеличить.

Выбранный для этой схемы ОУ должен иметь rail-to-rail выход. Можно использовать и обычный операционный усилитель, но тогда надо будет увеличить напряжение питания, чтобы сохранить требуемый логический уровень выходного напряжения. Вы можете изменить пороговый уровень переключения, подобрав другие сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  и взяв диоды с меньшими падениями напряжения – Шоттки или германиевые.

Входное сопротивление схемы относительно невелико, но обычно это не создает проблем, поскольку выходы сигналов логических уровней в большинстве случаев рассчитаны на такие нагрузки. Если же вы захотите изменить входной импеданс, подберите другие сопротивления резисторов. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Toshiba Electronic 74HC279](#)
2. [Datasheet Microchip MCP6022](#)

# Интегратор с управляемой амплитудой и регулируемой скоростью изменения выходного напряжения

Glen Chenier

EDN

**В**ыходное напряжение интегратора на операционном усилителе растет до насыщения, а ключ разряжает конденсатор. Так работает один из вариантов генератора треугольных импульсов. Альтернативный способ, также используемый в схемах генераторов треугольных импульсов, основан на управлении нарастанием и спадом путем коммутации входа с помощью ключа. Но как сделать интегратор с управляемой амплитудой выходного сигнала? Долгий поиск в сети не дал никаких «рецептов» схем, в которых амплитуда треугольных импульсов на выходе интегратора могла бы поддерживаться на заданном постоянном уровне. В этой статье описывается схема на операционном усилителе с однополярным питанием, выходное напряжение которой линейно нарастает и спадает, управляемое ступеньками входного положительного напряжения, изменяющегося от нуля до напряжения питания  $V_{CC}$ . При показанных на Рисунке 1 номиналах компонентов скорость изменения выходного напряжения  $dV/dt$  регулируется до значения 1 В/мин и не зависит от амплитуды ступеньки входного напряжения, а окончание роста происходит на постоянном уровне, приблизительно равном величине входной ступеньки. Любые дальнейшие изменения входного постоянного напряжения приводят к тому, что выходное напряжение увеличивается или спадает с установленной скоростью  $dV/dt$  до нового значения. По сути, эта схема пред-

ставляет собой интегратор с ограниченной амплитудой и постоянной скоростью изменения выходного напряжения.

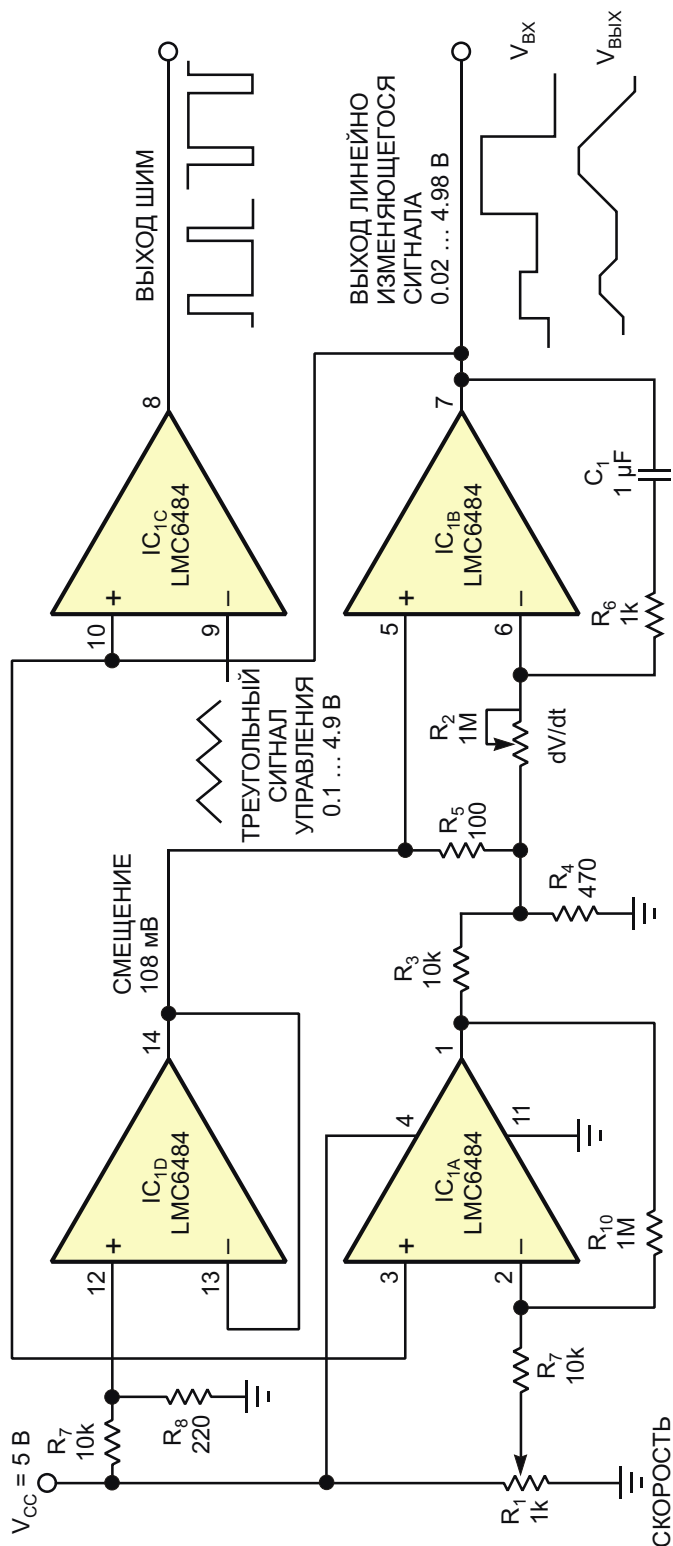
В схеме использован счетверенный rail-to-rail операционный усилитель LMC6484, выпускаемый компанией Texas Instruments. Благодаря rail-to-rail входам и выходам, он очень прост в использовании, низкие входные токи утечки прекрасно подходят для интегрирования с большими постоянными времени, а напряжение смещения 3 мВ является вполне приемлемым для данного приложения. Потенциометр  $R_1$  с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота задает входное напряжение, определяющее уровень, на котором прекращается нарастание выходного сигнала. Выход усилителя  $IC_{1A}$  попеременно находится в состояниях положительного или отрицательного насыщения, поднимаясь до  $V_{CC}$  и опускаясь до нуля во время спада или нарастания выходного напряжения, соответственно.

Постоянную времени интегратора  $IC_{1B}$  задают неполярный конденсатор  $C_1$  и потенциометр  $R_2$  с линейной функциональной характеристикой. Диапазон регулировки составляет от 0.5 В/мс до 1 В/мин. Резистивный делитель  $R_7$ - $R_8$  устанавливает опорное смещение 108 мВ на входе усилителя  $IC_{1B}$ , которое транслируется буфером с единичным усилением на элементе  $IC_{1D}$ . Резистор  $R_6$  ограничивает входной ток усилителя  $IC_{1B}$  при выключении питания, когда  $C_1$  разряжается через внут-

ренние входные и выходные диоды микросхемы, исключая возможность перегрузки IC<sub>1D</sub> при минимальном сопротивлении R<sub>2</sub>.

Делитель R<sub>3</sub>-R<sub>4</sub> ослабляет размах выходного напряжения IC<sub>1A</sub> до уровня, при котором в отсутствие нагрузки сигнал на выходе мик-

росхемы изменяется примерно на 100 мВ вокруг значения 108 мВ. В результате этого деления на резисторе R<sub>5</sub> падает напряжение приблизительно 20 мВ, интегрируемое со скоростью, определяемой значениями C<sub>1</sub> и R<sub>2</sub>. Падение 20 мВ превосходит максимально



**Рисунок 1.** Скорость нарастания и спада выходного напряжения этого интегратора на операционном усилителе устанавливается потенциометром, а конечное напряжение равно уровню входного постоянного напряжения.

возможное входное смещение 3 мВ в достаточной степени, чтобы минимизировать эффекты смещения. Когда линейно меняющееся выходное напряжение  $IC_{1B}$  достигает входного напряжения на движке потенциометра  $R_1$ ,  $IC_{1A}$  выходит из насыщения и остается на уровне порядка 2.5 В, замыкая цепь отрицательной обратной связи, поддерживающей равенство выходного напряжения интегратора  $IC_{1B}$  и входного напряжения. Таким образом происходит установка граничного уровня напряжения, на котором прекращается процесс интегрирования. Усилитель  $IC_{1C}$  можно оставить неиспользованным, или, как показано на Рисунке 1, управлять им с помощью линейно меняющегося или постоянного выходного напряжения  $IC_{1B}$ , превратив его в ШИМ-модулятор для драйвера двигателя (на рисунке не показан).

$R_5$  устраняет дифференциальные ошибки, возникающие из-за разброса сопротивлений  $R_7$  и  $R_8$ , и обеспечивает компромисс между максимальным входным смещением 3 мВ усилителя  $IC_{1B}$  при 25 °С и входной амплитудой 20 мВ, позволяющей установить самую медленную скорость  $dV/dt$ . При использовании компонентов с номиналами, указанными на Рисунке 1, минимальная скорость нарастания составит примерно 1 В/мин, что при  $V_{CC} = 5$  В соответствует максимальному вре-

мени 5 мин. Если требуются большие времена, можно увеличить до 15 В напряжение питания  $V_{CC}$ , пересчитав сопротивления резисторов смещения  $R_7$  и  $R_8$ , или увеличить емкость  $C_1$ , используя параллельные неполярные конденсаторы. Вместо этого можно увеличить  $R_2$ , хотя выбор потенциометров с сопротивлениями более 1 МОм достаточно ограничен.

Если большие постоянные времена вашему приложению не нужны, или вы используете вышеперечисленные методы увеличения постоянной времени, резистор  $R_5$  из схемы можно удалить, что увеличит дифференциальное напряжение на входах  $IC_{1B}$  и, соответственно, ускорит интегрирование. Также можно исключить усилитель  $IC_{1D}$  и подключить резистивный делитель смещения  $R_7$ - $R_8$  непосредственно к входу микросхемы  $IC_{1B}$ , но при этом влияние разброса сопротивлений резисторов на дифференциальную ошибку станет более значительным [1] и [2]. **РЛ**

## Ссылки

1. "Tractive effort, acceleration, and braking," The Mathematical Association, 2004.
2. Woof, Tony, "Kilo newtons, kilo watts, kilometres per hour," 2001.

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LMC6484](#)





# 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)



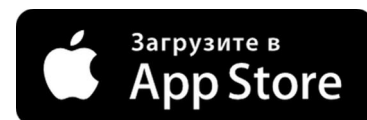
ANDROID »  
GOOGLE PLAY



<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.