

ЖУРНАЛ ДЛЯ ТЕХ, КТО ИНТЕРЕСУЕТСЯ ЭЛЕКТРОНИКОЙ

WWW.RLOSMAN.RU



# РАДИОЛОЦМАН

 App Store

 Google play

СЕНТЯБРЬ 2019 (100)

# 100

ВЫПУСК С 2011 ГОДА



# РАДИОЛОЦМАН.ЖУРНАЛ

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

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



- В связи с выходом 100-го выпуска журнала «РадиоЛоцман» редакция предлагает Вам пройти опрос.
- Анкетирование ориентировано только на читателей журнала и позволит редакции в дальнейшем учесть интересы постоянной аудитории.
- Опрос носит анонимный и обезличенный характер и займет не более 1 минуты.

[Пройти Опрос](#)

- Анкетирование ограничено по времени.



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером  
работали:

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

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

[rlocman@rlocman.ru](mailto:rlocman@rlocman.ru)

+7 (903) 721-72-14

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

## Новости

- 4 Texas Instruments представляет робототехнический набор для университетского образования
- 5 Универсальный BPSK модулятор компании CML Microcircuits упрощает разработку передатчиков для лицензируемых диапазонов частот
- 6 Vishay Intertechnology разработала новые высокостабильные дроссели IHDM, работающие при температурах до +180 °C и токах до 150 А
- 7 Infineon создала новый миниатюрный фотоакустический датчик CO<sub>2</sub> XENSIV PAS210
- 8 TRINAMIC представляет миниатюрный драйвер затворов для управления шаговыми двигателями
- 9 Hamamatsu Photonics представляет новый микро-ФЭУ в пластиковом корпусе
- 10 Созданная Infineon технология OPTIGA Trust M повысит безопасность и производительность облачных устройств и сервисов
- 11 Texas Instruments выпускает новую микросхему зарядного устройства аккумуляторов с самым низким в отрасли током завершения заряда
- 12 Elmos предлагает новый высокоинтегрированный программируемый контроллер бесщеточных и шаговых двигателей
- 13 IDT анонсирует первый в мире чипсет для беспроводной зарядки мощностью до 30 Вт
- 14 С новым датчиком приближения компании ams беспроводные наушники будут работать дольше
- 15 Технология изоляции Analog Devices повысит эффективность систем автоматизации предприятий
- 16 Dialog Semiconductor выпускает серию высокочастотных микросхем управления питанием процессоров мобильных устройств
- 17 Новый датчик приближения Vishay имеет зону чувствительности до 30 см
- 18 STMicroelectronics выпустила высоковольтный драйвер светодиодов с высоким коэффициентом подавления искажений
- 19 Новые интегральные PQL-регуляторы Infineon повысят КПД приложений с высокой плотностью компоновки
- 20 Power Integrations анонсирует драйверы светодиодов LYTSwitch-6 с лучшими в отрасли значениями плотности мощности и КПД
- 21 IDT запускает в производство первый в отрасли цифровой датчик качества наружного воздуха
- 22 Texas Instruments представляет новое семейство адаптивных понижающе-повышающих преобразователей с выходными токами до 2.5 А
- 23 Toshiba выпускает микросхему двухканального высоковольтного драйвера соленоидов
- 24 Central Semiconductor представила новые мостовые выпрямители на диодах Шоттки в низкопрофильных корпусах
- 24 Новые интерфейсные модули GPS компании Skyworks обеспечивают лучшие в своем классе характеристики для мобильных приложений

## Статьи

- 26 Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии? Часть 5
- 32 Тестирование и модернизация импульсного лабораторного источника питания
- 36 Солнечные панели, установленные на крышах, могли бы обеспечить энергией 25 процентов Европы
- 38 Микросхема искусственного интеллекта поддерживает работу Amazon Alexa на устройствах с автономным питанием
- 40 Музыкальная история компании Yamaha: первые 100 лет. Часть 2
- 45 Простая реализация 4-проводного подключения датчика RTD для высокоточных измерений температуры
- 48 Простой зарядный насос повышает входное напряжение на 50%
- 50 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Нет электроники – нет посадки на Луну

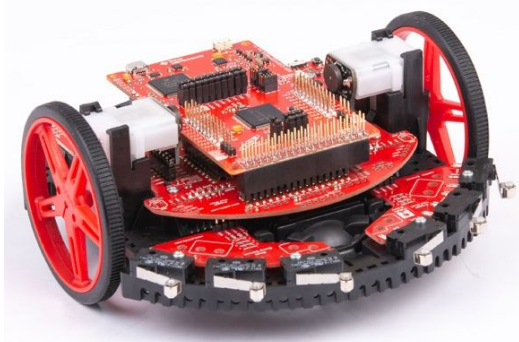
## Схемы

- 54 Некоторые вопросы конструирования любительских оптических локаторов. Часть 1
- 60 Детектор полярности и градиента амплитуды аналогового сигнала
- 62 Регуляторы ширины 0...100% импульсов внешнего генератора
- 65 Простая схема формирования выходных сигналов ШИМ
- 68 Однополярное управление ТЕС в схеме стабилизации температуры
- 70 Точное управление температурой с помощью выборок напряжения Зеебека
- 72 Недорогой генератор гармонических колебаний со стабильной амплитудой и низкими искажениями
- 74 Источник тока для трехпроводных резистивных датчиков температуры
- 77 Удаленному датчику влажности не нужна батарея

## Texas Instruments представляет робототехнический набор для университетского образования

*Многokrратно используемый набор позволяет учащимся создать встраиваемую систему за 15 минут или быстрее*

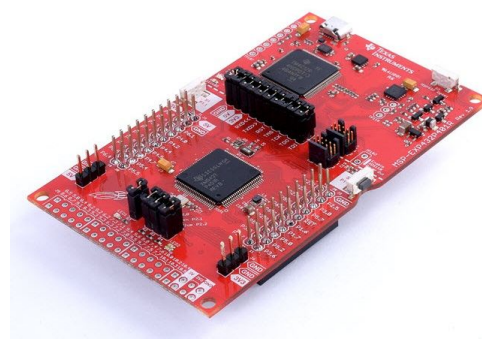
Texas Instruments (TI) выпустила новейшее дополнение к комплекту своих учебных материалов для изучения робототехники TI-RSLK – недорогой, простой в сборке, программировании и проверке робототехнический набор TI-RSLK MAX с учебным планом. Беспаячная сборка рассчитана на университетскую аудиторию и позволяет студентам создать собственную полнофункциональную встроенную систему менее чем за 15 минут. Набор, собираемый без пайки, и план обучения, которые можно использовать год за годом, будут удобны учебным классам, не имеющим доступа к оборудованию для пайки.



Серию TI-RSLK TI выпустила в прошлом году, чтобы помочь университетам всего мира с первых дней занятий до окончания учебы вовлекать студентов в проектирование встраиваемых систем с помощью собираемых вручную настраиваемых элементов набора. TI-RSLK MAX выполняет все задачи, доступные роботам из предыдущего набора TI-RSLK Maze Edition, такие как прохождение лабиринта, следование по линии и обход препятствий. Кроме того, он обеспечивает удобную сборку различных подсистем, ускоряя создание и тестирование робота.

Новый набор включает в себя лучший в отрасли комплект разработчика SimpleLink MSP-EXP432P401R LaunchPad, легко подключаемые датчики и универсальную объединительную плату, которая превращает робота в мобильную обучающую платформу. С помощью прилагаемого основного и дополнительного учебного плана учащиеся узнают,

как объединить свои знания в области аппаратуры и программирования для создания и тестирования системы. Для углубленного изучения в набор TI-RSLK MAX могут быть добавлены средства поддержки беспроводной связи и Интернета вещей, обеспечивающие дистанционное управление роботом или даже взаимодействие нескольких роботов.



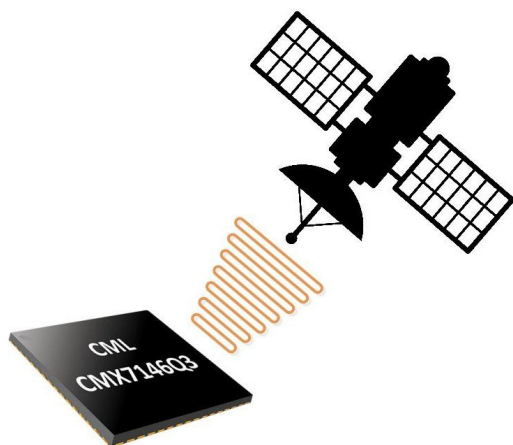
*Комплект разработчика SimpleLink MSP-EXP432P401R LaunchPad.*

«Мы знаем, что преподаватели инженерных наук постоянно ищут новые формы обучения сложным концепциям, привлекательные для студентов, – сказал Питер Балинта (Peter Balyta), доктор философии, президент TI Education Technology и вице-президент по академической активности и корпоративному гражданству. – TI-RSLK MAX делает именно это. Поскольку робототехнический комплект может быть собран очень быстро, преподаватели больше времени могут уделять обучению абстрактным и сложным концепциям, в то же время, давая студентам основополагающее практические навыки в области проектирования реальных встроенных систем».

Набор TI-RSLK MAX, включающий комплект разработчика SimpleLink MSP-EXP432P401R LaunchPad, можно купить на онлайн складе TI за \$109, где также можно приобрести необходимые для сборки дополнительные компоненты. Чтобы расширить функциональность набора и учебные планы, можно приобрести факультативные аксессуары.

## Универсальный BPSK модулятор компании CML Microcircuits упрощает разработку передатчиков для лицензируемых диапазонов частот

CML Microcircuits сообщила о выпуске легко конфигурируемого модулятора данных CMX7146, который упрощает разработку передатчиков, использующих BPSK (двоичную фазовую манипуляцию) и дифференциальную BPSK (также называемую PRK – двукратную относительную фазовую манипуляцию, или 2PSK).



CMX7146 формирует точные синфазные и квадратурные аналоговые модулирующие сигналы с программируемыми параметрами фильтрации. Устройство с высокой точностью генерирует готовый к передаче сигнал, пригодный для повышающего преобразования на выбранную пользователем несущую частоту.

По сравнению с другими решениями для BPSK, CMX7146 предоставляет большую гибкость и лучшую поддержку низкоскоростной модуляции BPSK. Он обеспечивает расширенную конфигурацию с точки зрения скорости передачи данных и видов модуляции, и, в то же время, позволяет пользователям, используя внешний радиочастотный модулятор, настраивать частоты передачи и ширину полосы канала.

Напротив, альтернативные продукты, имеющиеся на рынке, вынуждают клиентов разрабатывать свои собственные дискретные решения, требующие знаний в области радиочастот и программирования процессоров цифровой обработки сигналов. Интегрированное решение, предоставляемое микрос-

хемой CMX7146, значительно сокращает время вывода готового изделия на рынок и не требует специальных знаний.

Дэвид Брук (David Brooke), менеджер по продуктам CML для беспроводной передачи голоса и данных, сказал: «Мы наблюдаем большой интерес к спутниковым приложениям IoT, которые контролируют очень удаленное оборудование и отправляют относительно короткие сообщения. Для такого рода приложений новый CMX7146 предоставит разработчикам быстрый и простой способ создания надежного передатчика».

BPSK часто используется, когда требуется надежная связь на большом расстоянии. Преимущество этого метода модуляции заключается в относительно простой демодуляции и в очень высокой энергоэффективности. Эти особенности BPSK широко используются в спутниковых приложениях (совсем недавно – в системе CubeSats), морских поисково-спасательных маяках и передатчиках Промышленного Интернета вещей (IIoT).

CMX7146 поддерживает передачу необработанных (биты на входе, модулированные данные на выходе) и предварительно загруженных (сообщения на входе, модулированные данные на выходе) данных и имеет вход запуска для точной синхронизации передачи. Для управления пакетами передаваемых данных, которые могут быть синхронизированы как часть передаваемой последовательности, может использоваться ЦАП, управляющий скоростью нарастания выходной мощности передатчика. Для повышения гибкости при подключении датчиков и в приложениях IIoT в CMX7146 интегрированы маломощные АЦП и четыре универсальных порта ввода-вывода.

Новое устройство основано на отработанной CML технологии FirmASIC, где функциональность устройства определяется небольшим файлом конфигурации, который загружается при включении питания. Это увеличивает гибкость и жизненный цикл конечного продукта за счет предоставляемой CML возможности будущих обновлений функциональности, таких как альтернативные схемы модуляции или беспроводные протоколы.

Новый модулятор дополняет существующий ряд беспроводных модемов CML, предназначенных для работы в лицензируемых диапазонах частот. В типичной системе CMX7146 может быть объединен с выпускаемым CML IQ-модулятором CMX971 или с приемопередатчиком CMX973, а также с недорогим флэш-микроконтроллером, выполняющим простые функции управления и храня-

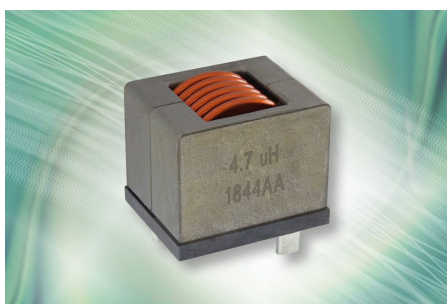
щим параметры конфигурации микросхемы. Такое решение поддерживает частоты передачи от 100 МГц до 1000 МГц, а более высокочастотные системы могут поддерживаться с помощью альтернативного повышающего преобразования частоты.

CMX7146 работает от одного источника питания 3.3 В и поставляется в компактном корпусе QFN с 48 выводами.

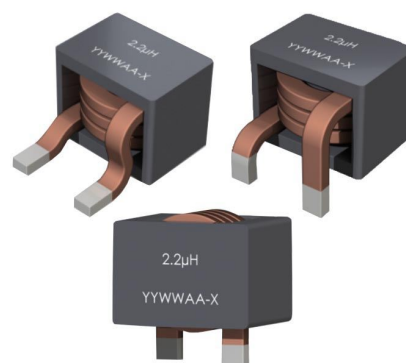
## Vishay Intertechnology разработала новые высокостабильные дроссели IHDM, работающие при температурах до +180 °C и токах до 150 А

*Это устройство с сердечником из порошкового сплава железа и выводами для монтажа в отверстия обеспечивает низкое значение DCR для снижения потерь и увеличения КПД*

Vishay Intertechnology представила новый дроссель серии IHDM для промышленных и военных приложений с обмоткой из плоского провода и выводами для монтажа в отверстия, работающий при токах до 150 А. Используя технологию изготовления сердечника из порошкового сплава железа, подразделение Vishay Custom Magnetics создало мощный дроссель IHDM-1008BC-30, обеспечивающий стабильные значения индуктивности и насыщения в жестком диапазоне рабочих температур от -40 °C до +180 °C при низких потерях мощности и отличном рассеянии тепла.

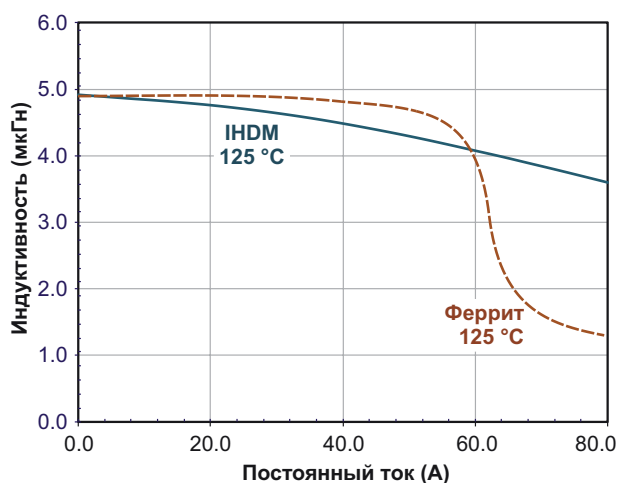


Катушка устройства, намотанная плоским медным проводом, обеспечивает низкое сопротивление постоянному току (DCR) до 0.25 Ом, что улучшает КПД за счет минимизации потерь и увеличения рабочих токов. По сравнению с конкурирующими решениями на основе феррита, IHDM-1008BC-30 имеют на 30% более высокие рабочие токи и на 30% более высокие уровни токов насыщения при +125 °C. Мягкое насыщение дросселя обеспечивает предсказуемое снижение индуктив-



ности с увеличением тока, независимое от температуры.

Благодаря рабочему напряжению, достигающему 350 В, устройства идеально подходят для DC/DC преобразователей, инверторов, подавителей помех двигателей и комму-



*Зависимость индуктивности от тока при 125 °C.*

таторов, мощных импульсных источников питания в приложениях с большими рабочими токами и высокой температурой, включая промышленные солнечные электростанции и зарядные станции для электрических транспортных средств, а также системы военного назначения.

В стандартном исполнении выводы IHDM-1008BC-30 зачищены и облужены для сквозного монтажа. Устройства, в которых использован железный сердечник ER2519, имеют размеры 25 мм × 20 мм × 23 мм. По запросу заказчиков Vishay может изменить характеристики дросселей и метод их монтажа. Перечень предлагаемых вариантов включает выводы из чистой меди, выводы для поверхностного монтажа и выводы под прессовую посадку. Для снижения риска роста «усов» выводы дросселей подвергаются горячему лужению. Устройства не содержат галогенов

и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.

### Технические характеристики устройства:

Размеры (мм)	25 × 20 × 23
Индуктивность (мкГн)	1.2 ... 10
DCR тип. (мОм)	0.25 ... 1.70
DCR макс. (мОм)	0.30 ... 2.0
Номинальный ток (А)	30 ... 80
Ток насыщения (А)	30 ... 110 <sup>(1)</sup> 45 ... 150 <sup>(2)</sup>
Частота собств. резонанса, тип. (МГц)	8 ... 90

<sup>(1)</sup> Постоянный ток, при котором начальная индуктивность падает примерно на 20%.  
<sup>(2)</sup> Постоянный ток, при котором начальная индуктивность падает примерно на 30%.

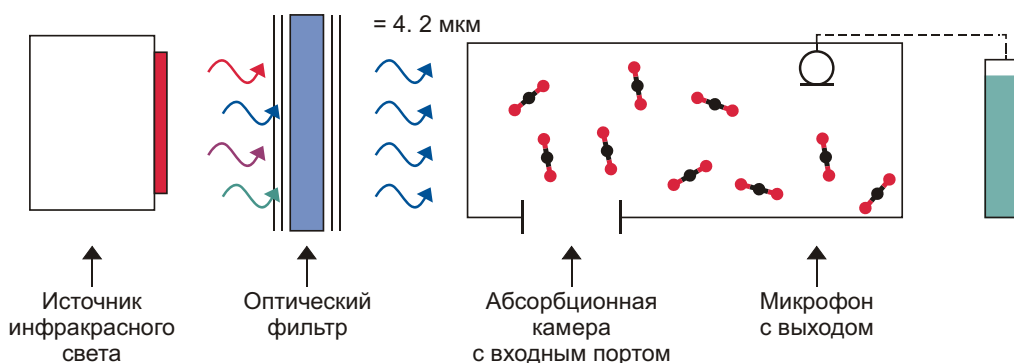
Доступны единичные образцы и промышленные партии новых дросселей. Время выполнения заказа составляет 12 недель.

## Infineon создала новый миниатюрный фотоакустический датчик CO<sub>2</sub> XENSIV PAS210

Значительную часть своей жизни городские жители проводят в помещении: в офисе, в школе или просто дома. Однако урбанизированные пространства задерживают воздух и постоянно ухудшают его качество, поскольку соображения энергосбережения вынуждают изолировать их от окружающей среды. Индикатором плохого качества воздуха является концентрация CO<sub>2</sub>. Предлагаемые сегодня рынком решения для мониторинга этого газа, не имеющего ни запаха, ни цвета, громоздки и дороги, или просто недостаточно приспособлены для широкого применения. Infineon Technologies разработала новый датчик CO<sub>2</sub>, основанный на революционной технологии фотоакустической спектроскопии (ФАС).



В качестве детектора в датчике XENSIV PAS210 используется высокочувствительный МЭМС-микрофон, который позволяет значительно уменьшить размеры измерите-



лей концентрации CO<sub>2</sub>. По этой причине прибор идеально подходит для приложений «умного дома» и автоматизации зданий, требующих управляемой вентиляции помещений, а также для различных устройств IoT, контролирующих качества воздуха в помещениях, таких как воздухоочистители, термостаты, метеостанции и персональные помощники. Датчик помогает своевременно и с небольшими затратами энергии улучшать качество воздуха в помещении. Основанный на объемном портфеле патентов на технологии ФАС, датчик PAS210 не только позволит массово использовать устройства для измерения CO<sub>2</sub>, но и проложит дорогу для обнаружения других газов в будущем.

На небольшой печатной плате размещен датчик CO<sub>2</sub>, содержащий фотоакустический преобразователь, источник инфракрасного излучения и оптический фильтр. Кроме того, на плате установлен микроконтроллер для обработки сигналов и выполнения специальных алгоритмов, а также MOSFET для управления инфракрасным источником. Все компоненты разработаны и спроектированы в Infineon в соответствии с высокими стандартами качества компании, что обеспечивает лучшее в своем классе соотношение цена/характеристики. Например, в качестве детектора в XENSIV PAS210 используется МЭМС-микрофон XENSIV IM69D130 с высоким отношением сигнал/шум. Таким образом, в датчике аккумулирована долгая история

достижений Infineon в области акустических технологий и связанных с ними приложений.

PAS210 – это датчик истинной концентрации CO<sub>2</sub> в беспрецедентно миниатюрном корпусе, основанный на уникальном принципе обнаружения ФАС. По сравнению с имеющимися в продаже аналогичными датчиками CO<sub>2</sub>, PAS210 экономит более 75 процентов пространства в конечных продуктах потребителя. Прямые показания в ppm, возможность поверхностного монтажа и простая конструкция обеспечивают легкую и быструю интеграцию прибора в приложения, выпускаемые как мелкими партиями, так и крупносерийно.

Интегрированный микроконтроллер преобразует выходной сигнал МЭМС-микрофона в числовое значение, выраженное в ppm, которое может быть считано через последовательный интерфейс I<sup>2</sup>C, UART или ШИМ. Диапазон измерений CO<sub>2</sub> датчика XENSIV PAS210 составляет от 0 ppm до 10,000 ppm с максимальной погрешностью ±30 ppm или ±3% от измеренного значения. В импульсном режиме датчик CO<sub>2</sub> XENSIV PAS210 рассчитан на срок службы 10 лет.

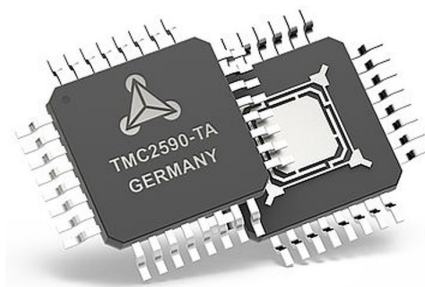
### Доступность

Первые образцы датчиков проходят апробирование в ряде целевых приложений. Опытные образцы планируется выпустить в первой половине 2020 года, а во второй половине того же года Infineon предполагает приступить к массовому производству.

## TRINAMIC представляет миниатюрный драйвер затворов для управления шаговыми двигателями

*TMC2590 – новейший драйвер затворов компании TRINAMIC, предназначенный для управления двухфазными шаговыми двигателями. Дополненный средствами защиты и диагностики, оптимизированный для снижения электромагнитных помех, малопотребляющий чип позволяет создавать миниатюрные конструкции для высококонкурентных решений.*

Компания TRINAMIC представляет микросхему TMC2590 – драйвер затворов для управления двухфазными шаговыми двигателями, отличающийся надежностью конструкции и высокой удельной мощностью. Охватывая широкий спектр шаговых двигателей с рабочими напряжениями от 5 В до 60 В, новое устройство будет экономичным решением для многих приложений, включая производственные и лабораторные средства автома-





тизации, 3D-печать, перекачку и дозирование жидкостей, медицину, безопасность, насосы и клапаны, а также терминалы оплаты.

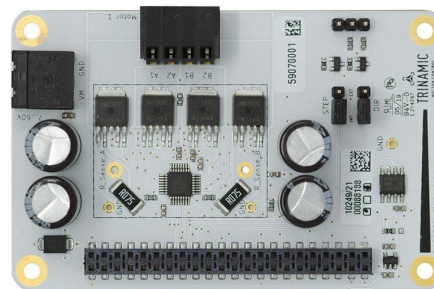
«Микросхема драйвера позволяет создавать мощные и гибкие сильноточные конструкции, идеально подходящие для управления двигателями с помощью внешних MOSFET. Являясь однокристалльным решением, оно значительно снижает сложность проектирования и время разработки за счет сокращения количества компонентов и места на плате», – объясняет Майкл Рэндт (Michael Randt), основатель и генеральный директор TRINAMIC.

Благодаря наличию интерфейсов Шаг/Направление и SPI, а также автономному режиму работы, TMC2590 могут использоваться с типовыми промышленными контроллерами управления движением, формирующими шаговые сигналы. Чтобы обеспечивать микрошаговый режим независимо от используемого контроллера движения, TMC2590 оснащен интерполятором микрошагов MicroPlyer, увеличивающим разрешающую способность до 1/256 при частоте входных импульсов 1/16 шага или ниже.

В высокоинтегрированной и высокоэффективной микросхеме TMC2590 реализованы лучшие в отрасли технологии, включая StallGuard2 для бездатчикового возврата в исходную позицию и обнаружения проскальзывания ротора, CoolStep для независимого от нагрузки контроля тока, позволяющего сэкономить до 75% энергии, и SpreadCycle для высокودинамичного позиционирования. Через встроенный интерфейс обеспечивается доступ к полному набору диагностических функций, а интегрированные средства защиты могут быть настроены для работы с различными силовыми каскадами и условиями

нагрузки. К ним относятся защита от короткого замыкания, обрыва нагрузки, перегрева и пониженного напряжения питания.

Простой в использовании драйвер поставляется с обширным набором средств поддержки разработки, обеспечивающих быстрый цикл проектирования и еще более короткое время выхода на рынок. Поставки микросхемы TMC2590, оценочной платы с открытой документацией TMC2590-EVAL и отладочного модуля TMC2590-BOB уже начались.



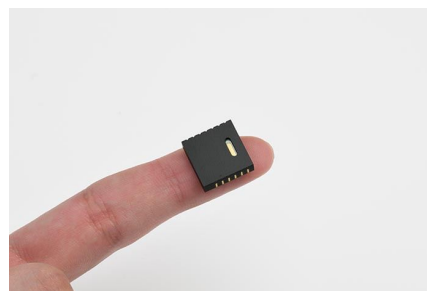
Оценочная плата TMC2590-EVAL.

## Особенности и преимущества

- Драйвер двухфазного шагового двигателя с током от 1 А до 8 А, использующий внешние N- и P-канальные MOSFET;
- Диапазон рабочих напряжений от 5 В до 60 В;
- Низкая рассеиваемая мощность и большой интервал допустимых температур;
- Интерфейсы SPI и Шаг/Направление;
- Интегрированные функции защиты и диагностики;
- Технологии микрошагового управления, StallGuard2, CoolStep и SpreadCycle;
- Корпус TQFP32-EP размером 7 × 7 мм.

## Hamamatsu Photonics представляет новый микро-ФЭУ в пластиковом корпусе

Компания Hamamatsu Photonics предлагает новый микроминиатюрный прибор R12900U, в пластиковом корпусе которого, предназначенном для удобного монтажа на электронные печатные платы, размещен самый маленький в мире фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). Применение этого нового микро-ФЭУ в качестве фотоприемника озна-



чает, что размеры анализаторов состояния окружающей среды, портативных медицинских диагностических устройств и т. д. теперь могут быть значительно сокращены для удобного использования в любом месте, в том числе, у постели пациента.

Новый микро-ФЭУ поступит в продажу с 1 октября 2019 года, в основном для производителей медицинского оборудования и аналитических инструментов на внутреннем и внешнем рынках. Hamamatsu также разрабатывает еще более миниатюрные микро-ФЭУ,

продажи первых образцов которых начнутся весной следующего года.

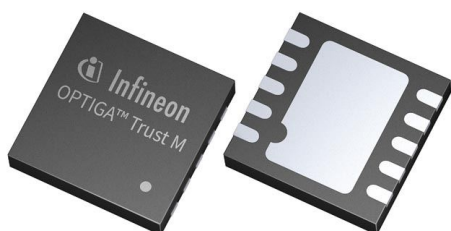
### Основные технические характеристики

Параметр	R12900U	Ед.
Эффективная площадь фотокатода	4.0×1.0	мм
Диапазон спектральной чувствительности	300...650	нм
Вес	1.1	г
Максимальное напряжение питания	1150	В
Максимальный средний анодный ток	5	мкА
Размеры	14×14×3.5	мм

## Созданная Infineon технология OPTIGA Trust M повысит безопасность и производительность облачных устройств и сервисов

Якоря доверия, поддерживаемые аппаратными компонентами, являются ключевыми факторами безопасности для подключенных приложений и интеллектуальных сервисов, будь то робот-манипулятор на умной фабрике или автоматизированный климат-контроль в частном доме. Новое решение OPTIGA Trust M компании Infineon Technologies помогает производителям повысить безопасность своих устройств и, в то же время, улучшить общие характеристики системы. Однокристальное решение надежно сохраняет уникальные учетные данные устройств и позволяет им подключаться к облаку в десять раз быстрее, чем аналоги, использующие чисто программный подход. Это решение идеально подходит для автоматизации промышленных систем и зданий, умных домов и бытовой электроники.

Собственного интеллекта все большую популярность приобретает автоматическое подключение устройств к сети или облаку. При внедрении OPTIGA Trust M критические активы, такие как сертификаты и пары ключей, используемые для идентификации устройства, могут быть защищены в чип в защищенном заводском помещении Infineon. Настройка «под ключ» сводит к минимуму усилия по разработке, интеграции и внедрению встраиваемых систем благодаря предоставлению набора инструментов для криптографии, защищенного интерфейса I<sup>2</sup>C и открытого исходного кода на GitHub. Кроме того, высококачественный контроллер безопасности сертифицирован в соответствии с общими критериями стандарта EAL6+ (high) и обеспе-



### Предоставление облачных услуг стало проще

По мере роста количества облачных подключений и приложений на основе иску-



чивает расширенную асимметричную криптографию. Его срок службы составляет 20 лет, и он может быть безопасно обновлен в полевых условиях.

Обширное семейство OPTIGA компании Infineon объединяет контроллеры аппаратной защиты с программным обеспечением для повышения общей безопасности встраиваемых систем, включая конечные узлы IoT, пограничные шлюзы и облачные серверы. Простые в интеграции решения охватывают

диапазон функций от аутентификации базовых устройств до программирования компонентов на основе Java Card с широкой поддержкой вариантов использования и доверенных платформенных модулей.

## Доступность

OPTIGA Trust M можно приобрести уже сейчас. Для упрощения интеграции решений безопасности также предоставляются оценочные комплекты.

## Texas Instruments выпускает новую микросхему зарядного устройства аккумуляторов с самым низким в отрасли током завершения заряда

*Импульсный повышающий преобразователь «три в одном» с самым низким в отрасли током потребления для миниатюрных приложений медицинской и персональной электроники*

Texas Instruments (TI) представила новую микросхему импульсного зарядного устройства аккумуляторов, поддерживающую ток завершения заряда 20 мА. По сравнению с конкурирующими устройствами, ток окончания заряда которых обычно превышает 60 мА, предлагаемая TI микросхема BQ25619 на 7% повышает емкость аккумулятора и увеличивает время его использования. Микросхема BQ25619 с повышающим преобразователем, содержащим три устройства в одном, обеспечивает ультрабыстрый заряд с КПД 95% при напряжении 4.6 В и выходном токе 0.5 А. Кроме того, благодаря самому низкому в отрасли собственному току потребления, новое зарядное устройство может удвоить срок хранения готовой электроники на складе.

ной электроники, такой как слуховые аппараты, наушники и беспроводные зарядные чехлы, сетевые IP-камеры, устройства наблюдения за пациентами и приложения для личной гигиены.

## Основные особенности и преимущества BQ25619

- **Самый низкий ток завершения заряда среди всех импульсных зарядных устройств, выпускаемых отраслью:**

Ультранизкий ток прекращения заряда повышает полезную емкость аккумулятора и до 7% увеличивает время его работы. Встроенный в BQ25619 настраиваемый таймер отключения дополнительно увеличивает время работы, позволяя пользователям реже заряжать свои устройства.

- **Наименьший в своем классе прибором собственный ток потребления:**

В спящем режиме BQ25619 снижает ток разряда батареи до 6 мкА, что экономит энергию батареи, удваивая срок складского хранения устройства. В режиме работы от батареи микросхема потребляет всего 10 мкА, поддерживая работу резервных систем.

- **Три устройства в одном:**

В BQ25619 интегрированы контроллер зарядки, повышающий преобразователь и схема защиты по напряжению, обеспечивающие высокую эффективность кон-



Зарядное устройство BQ25619 поможет инженерам создавать более эффективные конструкции для медицинской и персональ-

струкций, размещаемых в ограниченном пространстве, и позволяющие исключить внешний дроссель, необходимый для интегральных схем зарядных устройств предыдущего поколения. Благодаря универсальной двунаправленной понижающей или повышающей топологии BQ25619, для зарядки и разряда аккумулятора требуется всего один мощный элемент.

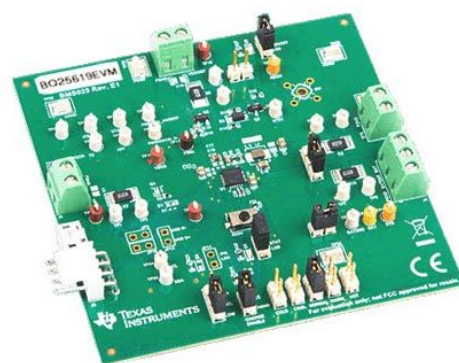
BQ25619 расширяет портфель лучших в отрасли приборов TI для зарядных устройств, содержащий импульсные устройства зарядки одно- и многоэлементных аккумуляторов большой емкости, а также линейные зарядные устройства с высокой степенью интеграции, увеличивающие время работы от батарей и уменьшающие общие размеры решений.

### Средства поддержки разработчиков

Для оценки возможностей и характеристик микросхемы BQ25619 и ускорения вывода продукта на рынок разработчики могут воспользоваться оценочным модулем BQ25619EVM, который можно приобрести за \$99.

### Корпуса, доступность и цена

BQ25619 уже можно купить в онлайн магазине TI и у официальных дистрибьюторов компании. Версия зарядного устройства в 24-контактном безвыводном корпусе WQFN в партиях из 1000 приборов продается по цене \$1.45 за штуку. В ближайшее время появится версия в более миниатюрном корпусе, имеющем размеры кристалла (WCSP).



Оценочный модуль BQ25619 (BMS025).

## Elmos предлагает новый высокоинтегрированный программируемый контроллер бесщеточных и шаговых двигателей

*E523.42: первая в портфеле Elmos специализированная микросхема для управления электромоторами с интегрированным 32-разрядным микроконтроллером ARM Cortex*

Elmos представляет высокоинтегрированный контроллер двигателя E523.42, позволяющий пользователям реализовать мощную и недорогую систему управления электромотором для 12-вольтовых автомобильных приложений. В небольшом корпусе QFN размером 5 × 5 мм объединены 32-разрядный микроконтроллер ARM Cortex M0 и аналоговый драйвер двигателя. Три интегрированных полумоста позволяют напрямую управлять обмотками двигателя с токами до 600 мА с.к.з. в каждой, а в форсированном режиме допустимые фазные токи увеличиваются даже до 1 А.

Микросхема может управлять либо трехфазным бесщеточным двигателем постоянного тока, либо трехфазным шаговым двигателем, либо двумя обычными двигателями постоянного тока. Возможные области применения включают активно управляемые жалюзи, водяные клапаны или небольшие и



средние вентиляторы, например, в автомобильных креслах.

Совершенная системная концепция E523.42 позволяет реализовать коммутацию всех периферийных устройств без использования датчиков. В дополнение к измерительной системе, напрямую связанной с генератором ШИМ, микросхема содержит множество других периферийных устройств, таких как таймеры, контроллеры прерываний,

интерфейс SPI и интеллектуальные полумосты с функцией диагностики, а также источник питания для внешних датчиков.

Интерфейс LIN 2.2 с функциями автоматического определения символьной скорости и автоадресации обеспечивает простую

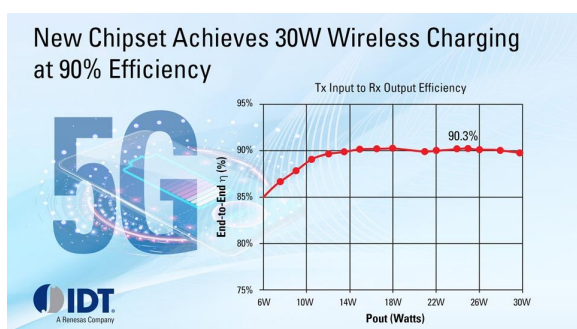
интеграцию в существующие системы с шинами LIN.

Объединение в E523.42 микроконтроллера и встроенного усилителя мощности позволяет оптимизировать затраты на приложения для исполнительных устройств и вентиляторов.

## IDT анонсирует первый в мире чипсет для беспроводной зарядки мощностью до 30 Вт

*Инновационные микросхемы позволяют сблизить скорости беспроводной и проводной зарядки смартфонов*

Integrated Device Technology (IDT), дочерняя компания Renesas Electronics Corporation, объявила о выпуске опытных образцов приемника P9415 и передатчика P9247, совместная работа которых обеспечивает беспроводную зарядку смартфонов мощностью до 30 Вт, сокращая разрыв между скоростями беспроводной и проводной зарядки.



«В лаборатории IDT в Сан-Хосе мы работали над решением этой исторической проблемы с помощью наших инновационных микросхем, способных с КПД 90% передавать мощность 30 Вт, используя стандартную низкопрофильную катушку (тоньше 0.35 мм), пригодную для интеграции в смартфон, – сказал Кристофер Стивенс (Christopher Stephens), вице-президент и генеральный директор подразделения беспроводной передачи энергии компании IDT. – Очень быстрая беспроводная зарядка смартфонов была святым Граалем отрасли на протяжении последних восьми лет, и набор микросхем P9415/P9247 является последним свидетельством непрерывного развития в IDT новейших технологий беспроводной зарядки. Мы ожидаем, что эти новые приборы будут стимулировать еще более широкое внедрение беспроводной зарядки в смартфонах 4G и 5G».

Приемник P9415 содержит LDO регулятор с входным напряжением до 20 В и возможностью сверхточного измерения тока, необходимого для приложений высокой мощности. Он совместим с уже выпускаемым IDT 15-вольтовым приемником P9382A, что дает привлекательную возможность простой модернизации, обеспечивающей еще более быструю зарядку. Благодаря популярной технологии IDT Wattshare с мощностью передачи до 10 Вт, он также может раскрыть OEM-производителям потенциал экосистемы для зарядки «на ходу» умных часов, наушников и других устройств. Особенно важно то, что устройство было разработано и испытано на устойчивость к перенапряжениям и большим колебаниям нагрузки, характерным для беспроводной передачи энергии при очень высоких уровнях мощности.

Передатчик P9247 может отдавать приемнику мощность до 30 Вт, поддерживая все основанные на Qi протоколы передачи энергии, включая BPP, EPP и расширения этих протоколов, разработанные компанией IDT, а также популярные протоколы настенных адаптеров. В P9247 также реализована новая технология обнаружения посторонних объектов в реальном времени, обеспечивающая клиентам максимум удобства и безопасности. Кроме того, передатчик позволяет регулировать мощность путем изменения частоты, коэффициента заполнения и/или подстройки напряжения на выходе моста, и существенно превосходит требования, регламентирующие уровни электромагнитных излучений во всех регионах мира.

Опытные образцы обоих устройств в настоящее время поставляются постоянным клиентам компании.

## С новым датчиком приближения компании **ams** беспроводные наушники будут работать дольше

Новый модуль TMD2635 компании **ams**, занимающий объем всего 1 мм<sup>3</sup>, позволит дольше слушать беспроводные наушники между подзарядками аккумуляторов

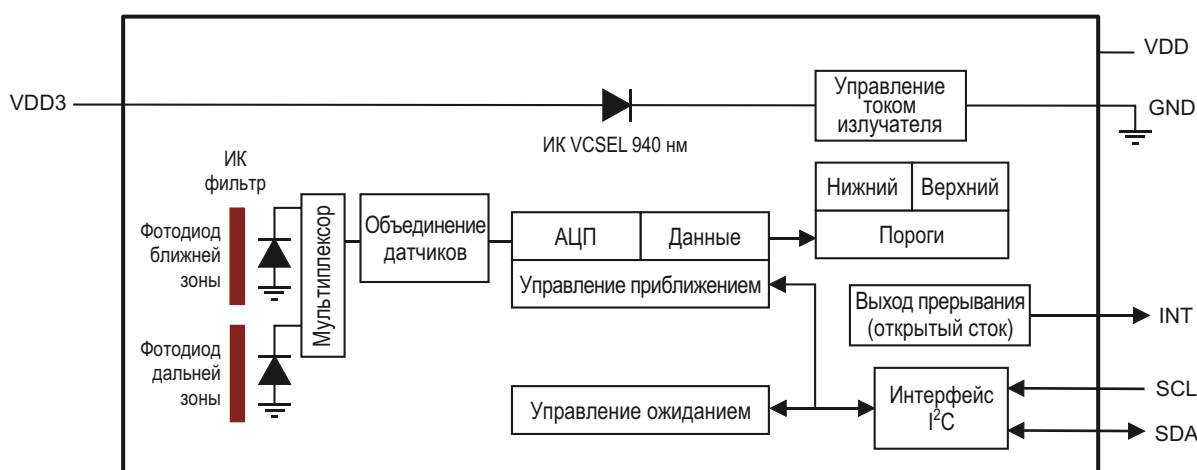
Компания **ams** начинает производство самого миниатюрного в мире модуля цифрового датчика приближения. Ультраминиатюрный корпус модуля TMD2635 занимает объем всего 1 мм<sup>3</sup> и позволяет производителям наушников-вкладышей TWS (True Wireless Stereo – истинно беспроводное стерео) разрабатывать промышленные конструкции более компактных и легких устройств. Инфракрасный датчик приближения обеспечивает обнаружение наличия или отсутствия беспроводных наушников в ухе, помогая продлить срок службы аккумуляторов между зарядками, и может использоваться совместно с другим модулем TMD2635 для поддержки элементарного бесконтактного управления жестами, не требующего использования кнопок.

Модуль TMD2635, выпускаемый **ams** в миниатюрном корпусе LGA, является законченным датчиком-преобразователем свет-цифра, объединяющим маломощный инфракрасный VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser – лазер поверхностного излучения с вертикальным резонатором), излучатель, два чувствительных пикселя для ближней и дальней зоны и цифровой интерфейс I<sup>2</sup>C, работающий в быстром режиме. Прогнозируется, что ежегодный прирост рынка микронаушников в годовом исчислении составит 27%, и к 2023 году беспроводные наушники-



вкладыши станут самым популярным типом наушников в мире, а их количество превысит количество беспроводных и проводных продуктов всех остальных категорий.

Использование потребительских беспроводных аудио гарнитур продолжает расширяться по мере того, как пользователи все больше вовлекаются в современный образ жизни. Используя модули TMD2635 в новых конструкциях TWS наушников, производители носимых устройств могут предложить потребителям более компактные и удобные носимые продукты, которые можно дольше использовать без подзарядки аккумуляторов, поскольку они надежно определяют, когда наушники вставлены в ухо, а когда они из него вынуты.



Функциональная схема TMD2635.

Дейв Мун (Dave Moon), старший менеджер **ams** по маркетингу продуктов в линейке интегрированных оптических датчиков, говорит: «TMD2635 закрепляет ведущую позицию датчиков **ams** на рынке бытовой электроники. Этот последний продукт занимает 1 мм<sup>3</sup> пространства и более чем в шесть раз меньше по объему, чем предыдущий модуль инфракрасного датчика приближения 2-в-1. А благодаря отдельному фотодиоду ближней зоны, смещенному относительно излучателя, разработчики беспроводных наушников и других носимых и портативных устройств могут свободно оптимизировать как размеры, так и форму необходимых апертур датчиков – либо круглую диаметром 1.5 мм, либо овальную размером 1 мм × 2 мм».

Первостепенное значение имеют энергосберегающие характеристики модуля TMD2635, особенно при малой емкости аккумулятора и малом размере беспроводных наушников. Средний ток, потребляемый модулем в активном режиме, составляет 70 мкА, а в спящем режиме он снижается до 0.7 мкА.

### **ams переносит ноу-хау оптических датчиков со смартфонов на носимые устройства**

Создание модуля TMD2635 было основано на многолетнем опыте **ams** в области разработки и производства оптических датчи-

ков. Компания **ams** является давним лидером на рынке датчиков приближения, внешнего освещения и цвета, а также сенсорных модулей для мобильных телефонов. **ams** является также мировым лидером по объему запатентованных решений, технологий и производственных возможностей для создания миниатюрных оптических излучателей, фотодетекторов и спектральных датчиков.

Конструкция оптического блока TMD2635 и высокие технические характеристики внутреннего лазерного излучателя обеспечивают исключительное подавление перекрестных помех и повышенную устойчивость к помехам от окружающего света, а также поддерживают высокоэффективные алгоритмы, преобразующие данные измерений инфракрасного света в точные результаты обнаружения приближения. Характеристики обнаружения TMD2635 сравнимы с характеристиками более крупных модулей предыдущих поколений, используемых ведущими производителями смартфонов, однако значительно уменьшенные размеры теперь позволяют размещать его в ограниченном пространстве носимых устройств.

### **Цена и доступность**

Модули TMD2635 доступны в промышленных объемах. Цена одного устройства при заказе 1000 штук составляет \$0.89.

## **Технология изоляции Analog Devices повысит эффективность систем автоматизации предприятий**

Analog Devices анонсировала простое решение, которое максимально увеличивает КПД и минимизирует электромагнитные излучения систем управления перемещением, позволяя потребителям увеличить плотность устройств автоматизации. ADuM4122 – двоянный изолированный драйвер с мощными выходами, основанный на технологии iCoupler, дает разработчикам возможность использовать преимущества более эффективных технологий силовой коммутации.

По данным Международного энергетического агентства, на системы с приводом от электромоторов приходится 40% мирового потребления электроэнергии, и повышение КПД двигателей может дать всеобъемлющие преимущества для экономики и экологии.



Расширенное внедрение средств промышленной автоматизации и Интернета вещей на умных фабриках стимулирует спрос на системы с интеллектуальными технологиями и функциями, способные обеспечить максимальный КПД. ADuM4122 является первым простым решением, которое отвечает этим требованиям, на лету контролируя, насколько быстро или медленно включается или выключается MOSFET или IGBT по команде пользователя, и тем самым, оптимизируя управление токами двигателя.

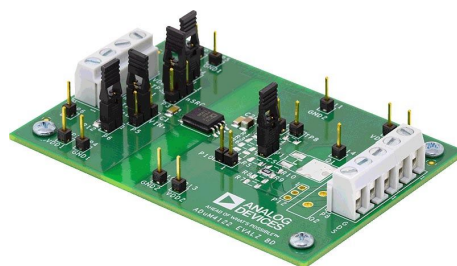
«Гибкость и эффективность – два ключевых принципа безопасного подключенного предприятия. Раньше типичное решение заключалось в том, чтобы выбрать надежный драйвер, который позволил бы соблюдать требования по уровням электромагнитных излучений во всех рабочих режимах, а это означало, что системы часто имели завышенные характеристики, которые использовались не полностью, – сказал Мак Лунд (Mack Lund), директор группы интерфейсных и изоляционных технологий в Analog Devices. – Теперь пользователи могут динамически переходить от более медленного к более быстрому переключению, оптимизируя таким образом уровни электромагнитных излучений без ущерба для КПД. Короче говоря, вам больше не нужно жертвовать характеристиками при попытке добиться снижения излучений и энергопотребления».

Новый ADuM4122 представляет собой простой сдвоенный драйвер с мощными выходами, который эффективно переключается между двумя скоростями нарастания, управляемыми цифровым сигналом. ADuM4122, имеющий всего восемь выводов и работающий в различных условиях эксплуатации, существенно меньше, чем существующие дискретные или сложные интегральные решения, имеющие 20 или более выводов.

Высокая устойчивость ADuM4122 к синфазным помехам и низкая задержка распространения дополнительно улучшают возможности высокоэффективных приложений, таких как системы управления перемещением, робототехника и энергетика.

### Цена и доступность

Драйвер ADuM4122 выпускается серийно в 8-выводном корпусе SOIC. Цена одной микросхемы в партиях из 1000 приборов начинается от \$2.53.



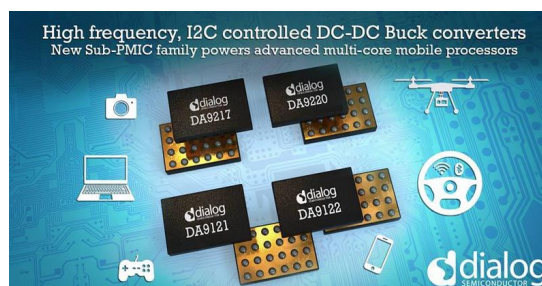
Оценочная плата EVAL-ADuM4122EBZ.

## Dialog Semiconductor выпускает серию высокочастотных микросхем управления питанием процессоров мобильных устройств

*Новое семейство микросхем управления питанием до 40 процентов уменьшает размеры системы, требуя менее половины от числа компонентов, необходимых для конкурирующих решений*

Dialog Semiconductor представила новое семейство микросхем управления питанием с лучшим в своем классе временем реакции на переходные процессы и внутрисхемным цифровым программированием. Приборы выпускаются в более миниатюрных корпусах, чем представленные на рынке решения конкурентов.

Новое семейство понижающих преобразователей состоит из микросхем DA9217, DA9220, DA9121 и DA9122, которые являют-



ся первыми устройствами в портфеле Dialog с частотой переключения 4 МГц, позволяю-



щей уменьшить размеры и высоту дросселя и использовать внешние компоненты меньших размеров. Эти приборы прекрасно подходят для многоядерных процессоров приложений на базе ARM Cortex и высокопроизводительных СнК, ПЛИС и графических процессоров, позволяя разработчикам создавать источники питания с токами от 6 до 10 А на ограниченной площади печатных плат устройств следующего поколения, используемых в смартфонах, планшетах, ноутбуках, цифровых зеркальных камерах, твердотельных накопителях и многом другом.

Устройства без ущерба для функциональности обеспечивают более высокий КПД, упрощая управление сложной последовательностью включения напряжений питания системы благодаря цифровой программируемости и конфигурируемости, и предоставляя удобный и гибкий интерфейс с микроконтрол-

лером системы, легко изменяемый в зависимости от системных требований. Устройства могут поддерживать один выход до 6 А/10 А или по два выхода до 3 А/ 5 А на каждый канал, что делает их идеальными для новейших СнК с проектными нормами 7 нм.

Опираясь на свой опыт в области систем преобразования энергии, Dialog оптимизировала устройства для пользователей, которым требуется сочетание большого тока с максимальным КПД. Микросхемы управления питанием могут работать от одноэлементного Li-ion аккумулятора и от источников питания 3.3 В или 5 В. Интерфейс I<sup>2</sup>C поддерживает динамическое управление напряжением для оптимизации энергосбережения и характеристик, а функции безопасности обеспечивают защиту от повышенного напряжения и перегрузки по току, а также отключение при перегреве кристалла.

## Новый датчик приближения Vishay имеет зону чувствительности до 30 см

*Устройство обеспечивает обнаружение объектов и столкновений в потребительских и промышленных приложениях*

Группа оптоэлектронных приборов компании Vishay Intertechnology представила новый датчик приближения с зоной чувствительности до 30 см. Выпущенный подразделением Vishay Semiconductors прибор VCNL3040 объединяет в одном корпусе инфракрасный излучатель, фотодетекторы, усилители и АЦП. В датчике реализована программируемая функция прерываний и поддержка шины коммуникационного интерфейса I<sup>2</sup>C для эффективного обнаружения объектов и коллизий в широком спектре потребительских и промышленных приложений.

Выпущенное устройство, идеально подходящее для использования в оборудовании



для интеллектуальных домов, промышленности и офиса, а также в игрушках, обеспечивает увеличение дистанции обнаружения на 33% по сравнению с датчиками предыдущего поколения при более низкой цене, чем аналогичные решения, предлагаемые на рынке. Перечень возможных приложений включает обнаружение присутствия для активации дисплеев в принтерах, копирах и бытовых приборах, обнаружение столкновений в роботах и игрушках, обнаружение занятости парковочных мест на стоянках и обнаружение приближения в оборудовании для туалетов.

Программируемая функция прерывания VCNL3040 позволяет разработчикам задавать верхние и нижние пороги, что уменьшает загрузку управляющего микроконтроллера.

Датчик приближения предоставляет возможность выбора между 12- и 16-битными выходами, использует интеллектуальное подавление для исключения перекрестных помех, а интеллектуальная схема сравнения последовательных состояний обеспечивает точное распознавание и меньшее время отклика. Пиковая длина волны излучателя равна 940 нм при отсутствии на спектральной характеристике «хвоста» видимого диапазона.

Само устройство работает в диапазоне напряжений от 2.5 В до 3.6 В, а напряжение питания шины I<sup>2</sup>C может находиться в преде-

лах от 1.6 В до 3.3 В. Отличная температурная компенсация параметров гарантирует возможность использования датчиков в диапазоне температур от -40 °С до +85 °С. Приборы, выпускаемые в бессвинцовом 8-контактном корпусе QFN, не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.

Доступны единичные образцы и промышленные партии новых датчиков VCNL3040. Время выполнения крупных заказов составляет от 8 до 12 недель.

## STMicroelectronics выпустила высоковольтный драйвер светодиодов с высоким коэффициентом подавления искажений

*Идеальный прибор для реализации светотехнических приложений в умных предприятиях, городах и домах*

Благодаря новой схеме подавления искажений при формировании входного тока, AC/DC драйвер светодиодов HVLED007, выпущенный компанией STMicroelectronics, позволяет разработчикам энергосберегающих твердотельных осветительных приборов соблюдать становящиеся все более строгими требования стандартов освещения.

*Distortion-cancelling HV LED driver  
for smart lighting applications*



HVLED007 – это управляемый по току контроллер корректора коэффициента мощности, оптимизированный для использования с изолированными квазрезонансными обратноточными преобразователями с большим коэффициентом мощности. Микросхемы обеспечивают эффективную поддержку синусоидальной формы входного сигнала с очень низким уровнем общих гармонических искажений (THD) во всем диапазоне нагрузок и входных напряжений. Даже при полной нагрузке THD остается ниже 5%. Благодаря

близкому к единице коэффициенту мощности и максимальному энергетическому КПД, превышающему 90%, HVLED007 может стать для разработчиков единой управляющей микросхемой, решающей множество задач светодиодного освещения средней и высокой мощности до 80 Вт.

HVLED007 дополняет выпускаемое ST семейство цифровых микросхем HVLED для управления светодиодами непосредственно от выпрямленного напряжения сети. Благодаря расширенной интеграции и функциям поддержки экономичного регулирования по первичной стороне, драйверы HVLED позволяют снизить затраты на компоненты и уменьшить размеры схемы, одновременно повысив надежность системы и характеристики систем освещения.



*EVLHVLED007W35F – оценочная плата 35-ваттного драйвера светодиодов на основе HVLED007.*

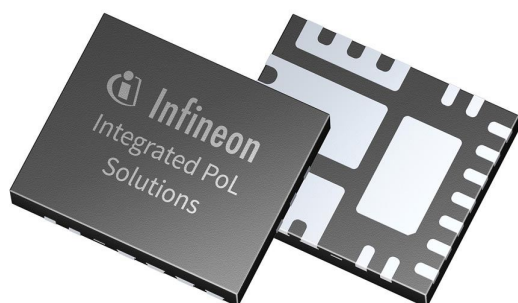
Электрические параметры HVLED007 гарантируются при температуре от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что делает прибор пригодным как для внутренних приложений, так и для устройств наружного освещения, включая уличное. Двухтактный выходной каскад способен отдавать и принимать токи 600 мА и 800 мА, соответственно, позволяя использовать микросхему не только в светотехнических приложениях, но и в импульсных источниках питания

мощностью вплоть до 100 Вт, отвечающих требованиям стандарта электромагнитной совместимости EN61000-3-2. Безопасная работа устройства поддерживается встроенными цепями защиты от короткого замыкания, перегрузки и повышенного напряжения.

Микросхема HVLED007 уже выпускается серийно в стандартном для отрасли корпусе SO8 и в партиях из 1000 приборов продается по цене \$0.36 за штуку.

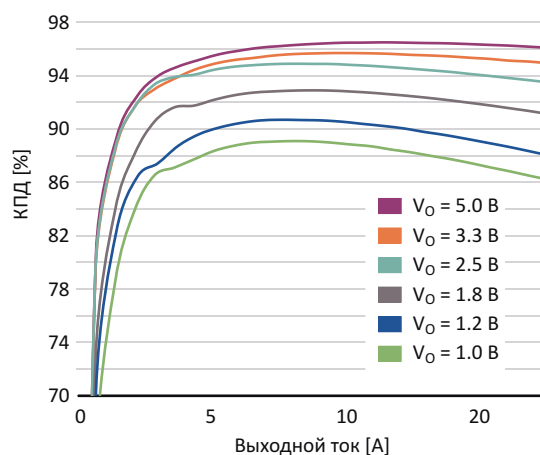
## Новые интегральные POL-регуляторы Infineon повысят КПД приложений с высокой плотностью компоновки

Infineon Technologies представляет новый интегральный DC/DC регулятор напряжения IR3826(A)M семейства OptiMOS для локализованных к нагрузке источников питания (POL-преобразователь). Это полностью интегральное и высокоэффективное устройство, выпускаемое в двух версиях (IR3826AM для токов до 16 А и IR3826M для токов до 23 А), предназначено для таких приложений, как сетевые маршрутизаторы и коммутаторы, сети передачи данных, базовые станции мобильной связи, серверы и корпоративные хранилища.



Регуляторы напряжения могут работать при входном напряжении 12 В (5 В ... 17 В) и отдавать в нагрузку непрерывный ток до 16 А или до 23 А. Микросхемы обеспечивают работу на высоких частотах переключения с более высоким КПД и меньшими потерями мощности по сравнению с предыдущими поколениями продуктов Infineon. Кроме того, высокая частота переключения до 1.5 МГц позволяет использовать конденсаторы меньших размеров и, соответственно, уменьшить размеры печатной платы.

Для простоты масштабирования обе версии устройства выпускаются в идентичных корпусах PQFN размером 5 мм × 6 мм. Микросхемы совместимы по выводам с предыдущими продуктами компании, что дает возможность без риска ошибки и при минимальных усилиях повысить КПД ранее разработанных устройств.



*Зависимость КПД микросхемы IR3826 от тока нагрузки при частоте переключения 600 кГц, входном напряжении 12 В и естественной конвекции при температуре окружающей среды 25 °C.*

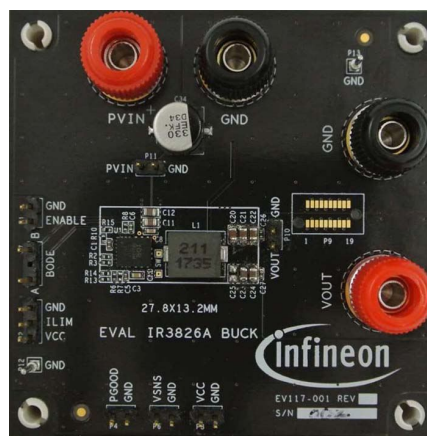
В приложениях с тепловыми ограничениями IR3826(A)M решают проблему нагрева без использования обдува или с минимальным потоком воздуха. Кроме того, они поддерживают приложения, работающие при высокой температуре окружающей среды, например, телекоммуникационное оборудование, эксплуатируемое при 85 °C.

Усовершенствованный механизм ШИМ третьего поколения позволяет работать на фиксированной частоте для снижения помех в телекоммуникационном оборудовании с большим количеством шин питания или в сложной аппаратуре базовых станций.

Устройства полностью соответствуют требованиям директивы RoHS2 и могут без ограничений использоваться в приборах следующих поколений.

### Доступность

Массовое производство новых микросхем уже началось. Доступны также оценочные платы.



Оценочная плата EVAL\_3826A.

## Power Integrations анонсирует драйверы светодиодов LYTSwitch-6 с лучшими в отрасли значениями плотности мощности и КПД

*Выходная мощность до 110 Вт без теплоотвода и миниатюрный корпус для балластов и приложений интеллектуального освещения*

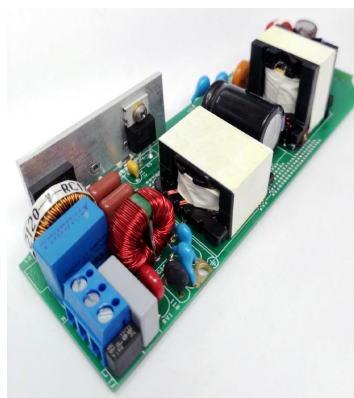
Power Integrations анонсировала расширение семейства микросхем изолированных драйверов светодиодов LYTSwitch-6 новыми приборами с большой плотностью мощности, предназначенными для приложений интеллектуального освещения. Новые микросхемы, основанные на технологии PowiGaN, позволят разработчикам, используя простую и гибкую обратную топологию, создавать конструкции мощностью до 110 Вт с КПД до 94%.



Высокий КПД новых микросхем LYTSwitch-6 позволяет исключить из конструкций теплоотводы и значительно снизить размеры балласта, его вес и требования к потоку охлаждающего воздуха. 750-вольтовый ключ первич-

ной стороны обеспечивает очень низкое сопротивление в открытом состоянии и снижает коммутационные потери. В сочетании с существующими функциями LYTSwitch-6 это улучшение повышает КПД преобразования энергии на 3% по сравнению с традиционными решениями, сокращая потери тепла более чем на треть.

В микросхемах LYTSwitch-6, изготавливаемых с использованием технологии PowiGaN, реализован не вносящий потерь метод измерения тока, что способствует еще большему повышению КПД. Новые члены семейства сохраняют все преимущества ранее выпущенных микросхем LYTSwitch-6, включая



Базовый проект DER-801.

быструю реакцию на переходные процессы, которая без дополнительного оборудования и без мерцания обеспечивает превосходную перекрестную стабилизацию для параллельных светодиодных цепочек. Это позволяет очень просто реализовать интерфейс диммирования с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

GaN микросхемы драйверов светодиодов LYTSwitch-6 уже доступны для приобретения. В партиях из 10,000 приборов одна микросхема стоит \$3.14. С сайта Power Integrations можно загрузить описание базового проекта 100-ваттного светодиодного балласта с тремя способами управления яркостью (DER-801).

## IDT запускает в производство первый в отрасли цифровой датчик качества наружного воздуха

*Газовый датчик ZMOD4510 легко программно конфигурируется для различных приложений контроля качества наружного воздуха*

Integrated Device Technology (IDT), дочерняя компания Renesas Electronics Corporation, представила первый программно модифицируемый цифровой датчик качества наружного воздуха для приложений с большими объемами производства. Датчик IDT ZMOD4510 может обнаруживать озон (O<sub>3</sub>) и оксиды азота (NO<sub>x</sub>), являющиеся двумя существенными источниками нездорового качества наружного воздуха. Способность ZMOD4510 в смеси определять парциальные концентрации озона и оксидов азота с уровнями всего 20 частей на миллиард (ppb) в сочетании с исключительной комбинацией гибкости и небольшого размера делает его идеальным решением для широкого спектра промышленных и бытовых приложений.

Разработчикам систем отопления, вентиляции и кондиционирование воздуха, промышленных камер, систем домашней автоматизации, интеллектуальных очистителей воздуха, умных часов и других носимых устройств ZMOD4510 предоставляет измерительное решение, способное оценивать множество аспектов качества наружного воздуха и отличающееся улучшенной энергоэффективностью, высокой чувствительностью и надежностью. В дополнение к этим преимуществам, ZMOD4510 может быть быстро интегрирован в конструкцию благодаря предварительно скомпилированной прошивке и заводской калибровке всех датчиков, что снижает производственные затраты заказчика.

«Низкое качество наружного воздуха несет значительный риск для здоровья, что стимулирует увеличение спроса на интеллектуальные и подключаемые устройства, которые могут обнаруживать эту проблему и реа-



гировать на нее, – сказал Уве Гюнтер (Uwe Guenther), генеральный директор промышленной группы IDT. – Мы оптимизировали наш новый газовый датчик ZMOD4510 специально для таких устройств, уникальным образом объединив в одном приборе все характеристики, необходимые для массового производства, без ущерба для чувствительности и точности. Эти устройства обеспечивают надежное обнаружение, коррелирующее с Индексом качества воздуха Агентства по охране окружающей среды США (EPA) для измерения O<sub>3</sub> и NO<sub>x</sub>».

Основу чувствительного элемента датчика ZMOD4510 составляет проверенный металлооксидный материал. Каждый датчик электрически калибруется газом для гарантии повторяемости от партии к партии, что является важным преимуществом для изготовителей с длительным циклом производства. Устройства ZMOD4510 также обладают высокой устойчивостью к силиконам, что обеспечивает высокую надежность при работе в тяжелых условиях.

ZMOD4510 является новейшим членом семейства газовых датчиков ZTOD, выпускаемых компанией IDT.

## Texas Instruments представляет новое семейство адаптивных понижающе-повышающих преобразователей с выходными токами до 2.5 А

С помощью выпущенных TI высокоэффективных преобразователей с низкими токами потребления инженеры могут увеличить время работы приложений с батарейным питанием

Texas Instruments (TI) представила семейство из четырех высокоэффективных понижающе-повышающих преобразователей с низким током потребления, миниатюрные корпуса которых и минимальное количество необходимых внешних компонентов идеальны для создания решений небольшого размера. Интегральные неинвертирующие понижающе-повышающие DC/DC преобразователи TPS63802, TPS63805, TPS63806 и TPS63810 имеют широкие диапазоны входных и выходных напряжений, которые масштабируются для поддержки различных приложений с батарейным питанием, помогая инженерам упростить и ускорить разработку.

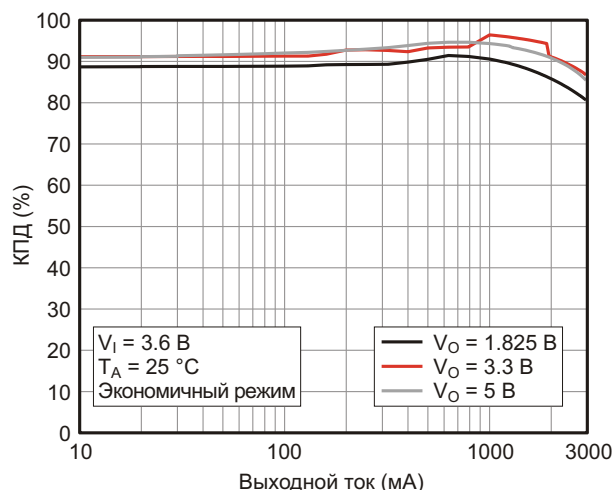
The smallest family of high-efficiency, low- $I_q$  buck-boost converters



Каждое из устройств семейства, в зависимости от условий работы, автоматически выбирает понижающий, понижающе-повышающий или повышающий режим. Законченное решение на основе новых преобразователей занимает площадь от 19.5 мм<sup>2</sup> до 25 мм<sup>2</sup> – до 25% меньше, чем при использовании аналогичных устройств. Это стало возможным благодаря компактным корпусам и усовершенствованной технологии управления, требующей лишь нескольких внешних многослойных керамических конденсаторов и крошечных дросселей 0.47 мкГн. Диапазон выходных напряжений устройств составляет от 1.3 В до 5.5 В при входных напряжениях от 1.8 В до 5.2 В, что помогает инженерам ускорить разработку и повторно использовать

схемные решения в различных приложениях.

Эти DC/DC преобразователи являются последним дополнением к лучшему в отрасли семейству выпускаемых TI микросхем управления питанием с низкими токами потребления. Новые приборы, потребляя ток от 11 до 15 мкА, обеспечивают отличный КПД при легких нагрузках, минимизируя потери энергии и увеличивая время работы в приложениях с батарейным питанием, таких как портативные электронные кассовые терминалы, устройства учета электросетевой инфраструктуры, беспроводные датчики и карманные электронные устройства.



Зависимость КПД от тока нагрузки для микросхемы TPS63810.

### Основные особенности и преимущества

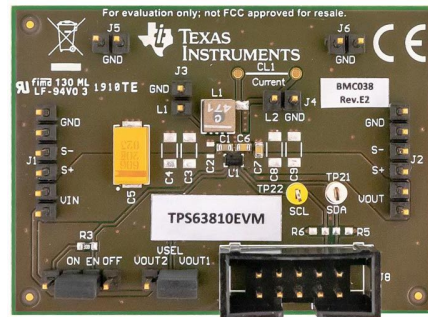
- 2-амперный понижающе-повышающий преобразователь TPS63802 с низким собственным током потребления 11 мкА подходит для приложений с импульсным характером нагрузки, таких например, как устройства промышленного Интернета вещей.
- Понижающе-повышающий преобразователь TPS63805 с выходным током до 2 А, выходным конденсатором 22 мкФ и дросселем 0.47 мкГн позволяет создавать закон-

ченные решения на площади 19.5 мм<sup>2</sup> для портативных приложений в сфере промышленной и бытовой электроники.

- При проектировании 2.5-амперного понижающе-повышающего преобразователя TPS63806 ставилась задача улучшения реакции на скачки выходного тока для приложений с агрессивным профилем нагрузки, требующих жесткой стабилизации, таких как времяпролетные датчики в смартфонах, камерах или устройствах дополненной реальности.
- 2.5-амперный понижающе-повышающий преобразователь TPS63810 имеет интерфейс I<sup>2</sup>C для динамического масштабирования напряжения либо через двухпроводную шину, либо с помощью управляющего вывода VSEL, что позволяет использовать его в качестве предварительного регулятора или устройства отслеживания огибающей напряжения для систем, применяемых в смартфонах, беспроводных слуховых аппаратах или наушниках.

### Корпуса, доступность и цены

Доступные типы корпусов и цены новых преобразователей перечислены ниже в таблице.



Оценочный модуль TPS63810EVM.

Преобразователи TPS63805 и TPS63806 выпускаются серийно и могут быть приобретены в онлайн магазине TI и у официальных дистрибьюторов компании. Кроме того, доступны опытные образцы микросхем TPS63802 и TPS63810.

Прибор	Тип корпуса	Цена за штуку в партии из 1000 устройств
TPS63802	QFN 10 выводов, 2 × 3 мм	\$0.98
TPS63805	DSBGA 15 выводов, 1.4 × 2.3 мм	\$0.98
TPS63806	DSBGA 15 выводов, 1.4 × 2.3 мм	\$1.05
TPS63806	DSBGA 15 выводов, 1.4 × 2.3 мм	\$1.09

## Toshiba выпускает микросхему двухканального высоковольтного драйвера соленоидов

*Новое устройство предоставляет энергоэффективную и недорогую альтернативу устаревшим устройствам других производителей*

Toshiba Electronics Europe выпустила микросхему двухканального высоковольтного драйвера соленоидов с низким сопротивлением в открытом состоянии.



Новая микросхема драйвера TB67S112PG подходит для широкого спектра приложений, включая бытовую технику (кондиционеры и

холодильники) и промышленное оборудование (банковские терминалы, средства автоматизации офиса и оборудование для автоматизации производства).

Линейка микросхем драйверов соленоидов компании Toshiba включает 4- и 8-канальные устройства TB67S111PG и TB67S158NG/FTG. Новая микросхема TB67S112PG дополняет эту линейку, предоставляя более дешевую поддержку двухканальных приложений.

Новое устройство содержит два канала, каждый из которых состоит из MOSFET нижнего плеча и защитного диода. Любой канал может независимо управлять соленоидом или реле при напряжениях до 50 В. Низкое сопротивление в открытом состоянии, составляющее всего 0.3 Ом, позволяет повы-

силье выходное напряжение, чтобы увеличить вращающий момент двигателя и снизить выделение тепла при его работе. Безопасность работы обеспечивается цепями защиты от перегрузки по току и напряжению, блокировки при пониженном напряжении, а

также схемой защитного отключения при перегреве, дополнительно устанавливаемой флага, информирующий системный контроллер о срабатывании тепловой защиты.

Серийное производство TB67S112PG уже началось.

## Central Semiconductor представила новые мостовые выпрямители на диодах Шоттки в низкопрофильных корпусах

Central Semiconductor представила новейшее семейство мостовых выпрямителей на диодах Шоттки с максимальными токами 1.0 А или 2.0 А и напряжениями от 40 В до 100 В. Устройства серии CBRDFSH выпускаются в низкопрофильных корпусах для поверхностного монтажа BR DFN и обладают высокой энергоэффективностью. Для снижения утечек и улучшения электрических параметров и надежности в этих двухполупериодных выпрямителях используется индивидуальное пассивирование кристаллов стеклом.



Прямое падение напряжения на устройствах составляет всего 500 мВ. Корпуса BR DFN, имеющие высоту 1.2 мм, что на 54%

ниже, чем у сопоставимых по параметрам корпусов HD DIP, позволяют сохранять низкий профиль печатной платы. Приборы серии CBRDFSH идеально подходят для приложений, требующих энергоэффективности выпрямителей на основе диодов Шоттки, включая системы с питанием через Ethernet (PoE), интеллектуальное освещение и сетевые адаптеры.

Серия включает в себя следующие устройства:

- CBRDFSH1-40 (1 А, 40 В)
- CBRDFSH1-60 (1 А, 60 В)
- CBRDFSH1-100 (1 А, 100 В)
- CBRDFSH2-40 (2 А, 40 В)
- CBRDFSH2-60 (2 А, 60 В)
- CBRDFSH2-100 (2 А, 100 В)

Приборы CBRDFSH1-40 уже поставляются непосредственно со склада Central Semiconductor упакованными в блистерную ленту по 5,000 штук на катушках диаметром 13 дюймов. Цена одного моста при покупке одной катушки и более начинается от \$0.182. Бесплатные образцы доступны по запросу.

## Новые интерфейсные модули GPS компании Skyworks обеспечивают лучшие в своем классе характеристики для мобильных приложений

Skyworks представила экранированные модули малошумящих входных усилителей приемников GPS SKY65725-11 и SKY65728-11, предназначенные для мобильных приложений, таких как смартфоны и планшеты. Оба устройства отличаются высокой линейностью, отличным коэффициентом усиления и превосходным коэффициентом шума, что обеспечивает гибкость схемных решений и

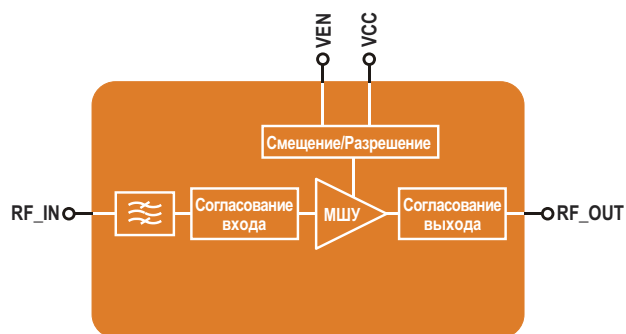




высокий уровень интеграции. Предварительные фильтры обеспечивают низкие вносимые внутриполосные потери и отличное подавление сигналов в диапазонах частот сотовой связи, PCS и WLAN. Модуль SKY65725-11 идеален для приемников GPS/GNSS/BDS, тогда как SKY65728-11 хорошо работает в приложениях диапазона GPS L5. Эти высокоинтегрированные экранированные модули могут размещаться ближе к антенне, улучшая чувствительность приемника, что необходимо для современных мобильных устройств.

## Основные характеристики

- Инновационная запатентованная технология экранирования, обеспечивающая повышенную помехоустойчивость;
- Отличное подавление внеполосных составляющих, упрощающее разработку многодиапазонных систем;
- Низкий коэффициент шума, улучшающий чувствительность и сокращающий время



Блок-схема модуля SKY65728-11.

первого определения местоположения в устройствах GPS;

- Компактный корпус размером 1.6 × 1.6 мм;
- Один источник питания и низкий ток потребления, обеспечивающие гибкость выбора проектных решений и увеличивающие срок службы батарей:
  - SKY65725-11, 3.5 мА, диапазон 1.1...2.85 В,
  - SKY65728-11, 3.9 мА, диапазон 1.2...2.85 В.

# Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии?

## Часть 5

Продолжение. Начало в номерах 05...08-2019

Александр Русу, Одесса, Украина

### Как связать магнитные процессы с электрическими?

После выбора магнитопровода и определения режима его работы на следующем шаге расчета следует определить параметры токов в обмотках дросселя. В первую очередь это необходимо для выбора проводов и конструктивного расчета этого индуктивного элемента. Кроме этого токи обмоток во многих методиках расчета являются «базовыми» – отправной точкой для определения всех остальных характеристик преобразователей и выбора компонентов их силовой части: транзисторов, диодов и конденсаторов.

В общем случае в дросселях и трансформаторах магнитная индукция связана с токами обмоток законом полного тока (более подробно этот вопрос рассмотрен в [12]):

$$B_{0 \text{ экв}} = \frac{1}{L_{\text{СП}}} \sum_{K=1}^{N_{\text{ОБМ}}} I_K N_K, \quad (35)$$

где

$N_{\text{ОБМ}}$  – общее количество обмоток, по которым в данный момент протекает ток;

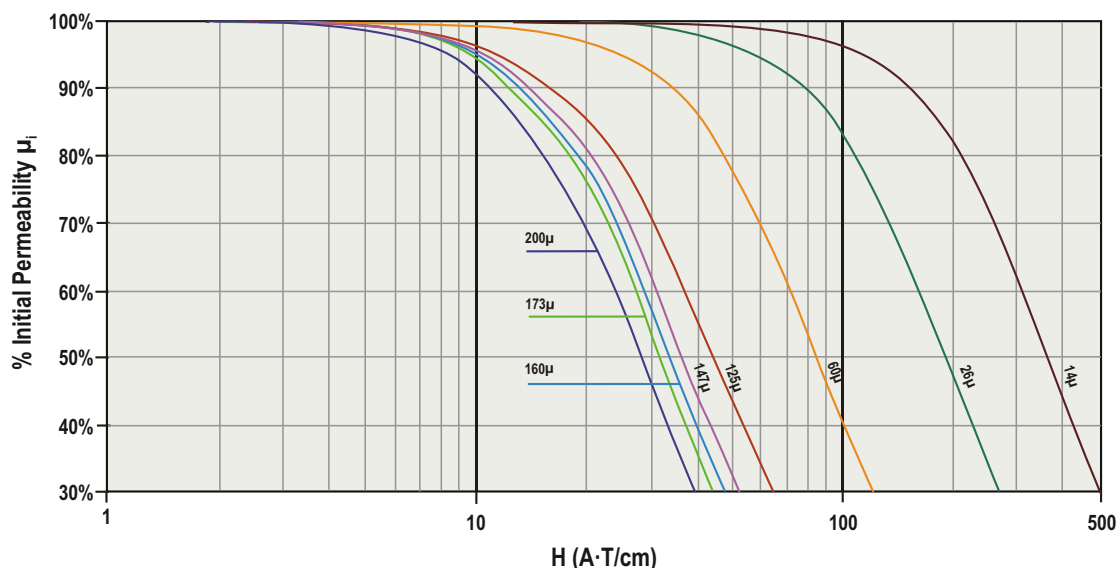
$K$  – порядковый номер обмотки ( $K = 1, 2, 3 \dots N_{\text{ОБМ}}$ );

$I_K, N_K$  – соответственно, ток и количество витков каждой обмотки.

Если бы токи  $I_K$  нам были известны, то формула (35) позволила бы без проблем рассчитать  $B$ . Однако перед нами стоит обратная задача: токи обмоток нужно определить по известному значению магнитной индукции. И тут возникают как минимум две сложности. Во-первых, эквивалентная магнитная проницаемость  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  не является постоянной и зависит от степени намагниченности магнитопровода. Во-вторых, если магнитное поле связано более чем с одним током, то однозначно решить задачу, используя только формулу (35), не получится, ведь одна и та же индукция может быть создана бесконечным количеством комбинаций токов в обмотках. Например, пусть в дросселе ток одновременно протекает по двум обмоткам с одинаковым количеством витков ( $N_1 = N_2$ ). В этом случае токи  $I_1 = 1 \text{ А}$ ,  $I_2 = 3 \text{ А}$  и  $I_1 = 2 \text{ А}$ ,  $I_2 = 2 \text{ А}$  создадут одинаковую индукцию. И как теперь определить «правильную» комбинацию?

Будем решать вопросы по мере поступления, но вначале запишем формулу (35) в другом виде:

$$B_{0 \text{ экв}} = (H)H. \quad (36)$$



**Рисунок 16.** Графики относительного изменения  $\mu_{ЭКВ}$  от напряженности магнитного поля  $H$  для материалов МРР с различной начальной магнитной проницаемостью [8].

Теперь магнитная индукция выражена через часто используемый при расчетах индуктивных элементов параметр «напряженность магнитного поля»  $H$  (ее также называют «намагничивающей силой»):

$$H = \frac{1}{L_{CP}} \sum_{K=1}^{N_{OБМ}} I_K N_K. \quad (37)$$

Кроме этого в формуле (36) теперь явно указано, что  $\mu_{ЭКВ}$  зависит от напряженности магнитного поля, то есть  $\mu_{ЭКВ}(H)$  – это эквивалентная магнитная проницаемость в рабочей точке.

Типовая зависимость  $\mu_{ЭКВ}(H)$  показана на Рисунке 16. Из графиков видно, что по мере увеличения  $H$  магнитная проницаемость уменьшается. В сильных магнитных полях (при  $H \rightarrow \infty$ ) происходит насыщение материала магнитопровода и его способность «усилить» магнитное поле исчезает ( $\mu_{ЭКВ}(H) \rightarrow 1$ ).

Как это явление влияет на токи обмоток? Рассмотрим вначале идеальный случай. Представим себе, что у нас есть источник напряжения, способный обеспечить нагрузку бесконечно большим током при неизменном напряжении на выходе. Подключим к нему дроссель с единственной обмоткой, число витков которой равно  $N$ , а активное сопротивление равно нулю (Рисунок 17). Также условимся, что в момент подключения к источнику напряжения магнитопровод размагничен.

Согласно второму закону Кирхгофа, напряжение на выходе источника напряжения должно уравновеситься суммой ЭДС самоиндукции и падения напряжения на активных элементах схемы. Но поскольку все активные сопротивления равны нулю, на основании закона Фарадея можно записать:

$$u(t) = N \frac{d\phi(t)}{dt}. \quad (38)$$

Поскольку мгновенное значение магнитного потока  $\phi(t)$  связано с мгновенным значением индукции  $b(t)$  соотношением  $\phi(t) = b(t)S$  ( $S$  – площадь поперечного сечения магнитопровода), а напряжение на выходе нашего источника напряжения в любой момент постоянно ( $u(t) = \text{const} = U$ ), то из формулы (38) получится весьма любопытный вывод:

$$\frac{db(t)}{dt} = \frac{U}{NS} = \text{const}. \quad (39)$$

Если формулу (39) описать словами, то получится следующее: если идеальный дроссель подключить к идеальному источнику напряжения, то магнитная индукция в его магнитопроводе будет с постоянной скоростью увеличиваться до бесконечности.

Но какой должна быть намагничивающая сила, чтобы это произошло? Из формулы (36) видно, что  $H$  отличается от  $B$  на величину

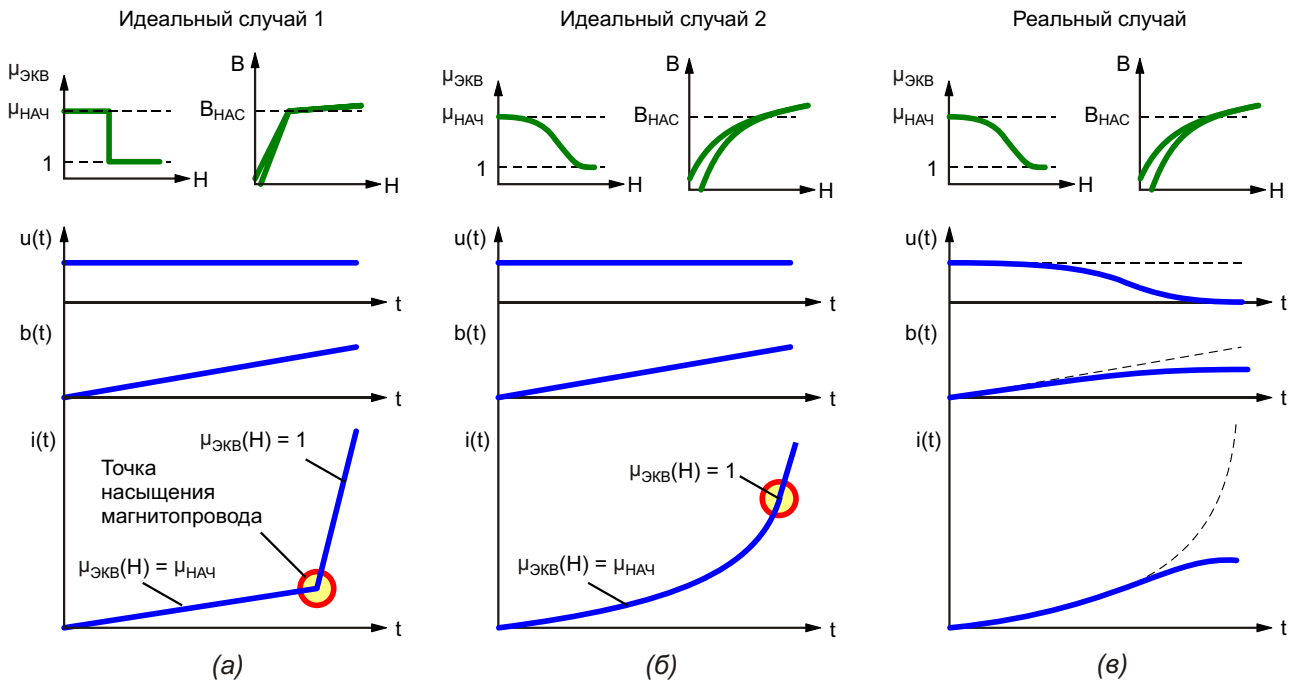
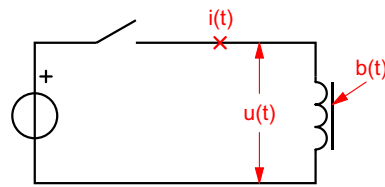


Рисунок 17. Формы напряжения, тока и индукции в различных случаях.

ну  $\mu_0 \mu_{\text{ЭКВ}}$ . Магнитная постоянная  $\mu_0$  является одной из фундаментальных констант нашей Вселенной, и она не меняется ни при каких условиях. А вот эквивалентная магнитная проницаемость магнитопровода  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  таким свойством не обладает, поэтому скорость изменения напряженности магнитного поля, а, следовательно, и создающего ее тока, в разные моменты времени будет разной. Вначале, при больших значениях  $\mu_{\text{ЭКВ}}$ ,  $H$  и  $I$  будут изменяться медленно, но по мере намагничивания магнитопровода и уменьшения  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  даже небольшое изменение индукции потребует значительного увеличения тока в обмотке.

Например, пусть эквивалентная магнитная проницаемость  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  изменяется резко (Рисунок 17а), что произойдет в схеме? Сразу после замыкания ключа ток в обмотке дросселя начнет линейно увеличиваться с относительно небольшой скоростью. Но как только магнитная индукция  $b(t)$  достигнет величины насыщения  $B_{\text{НАС}}$ , из-за резкого уменьшения  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  произойдет скачкообразное

изменение скорости нарастания тока. Ток в обмотке дросселя при этом продолжит линейно увеличиваться, но уже гораздо быстрее. Обратите внимание, что на скорость изменения индукции насыщение магнитопровода не повлияло никак, ведь она определяется законом Фарадея, а не законом полного тока.

Чтобы глубже прочувствовать весь масштаб катастрофы, происходящей при насыщении сердечника, приведем цифры. Пусть начальная магнитная проницаемость магнитопровода  $\mu_{\text{ЭКВ}} = 100$ . Пусть при таком значении  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  ток в обмотке нарастает со скоростью 1 А/с, а насыщение сердечника происходит при токе 1 А. Это означает, что сердечник войдет в режим насыщения спустя секунду после подключения обмотки к источнику питания, при этом ток в обмотке будет равен 1 А. После насыщения магнитопровода эквивалентная магнитная проницаемость уменьшится до единицы, и ток в обмотке уже будет нарастать в сто раз быстрее, а это значит, что спустя еще секунду он достигнет величины

101 А. Вот почему даже кратковременное насыщение магнитопровода дросселя или трансформатора может стать причиной выхода из строя силовой части преобразователя (хотя существуют схемы, в которых насыщение магнитопровода является обязательным условием работы).

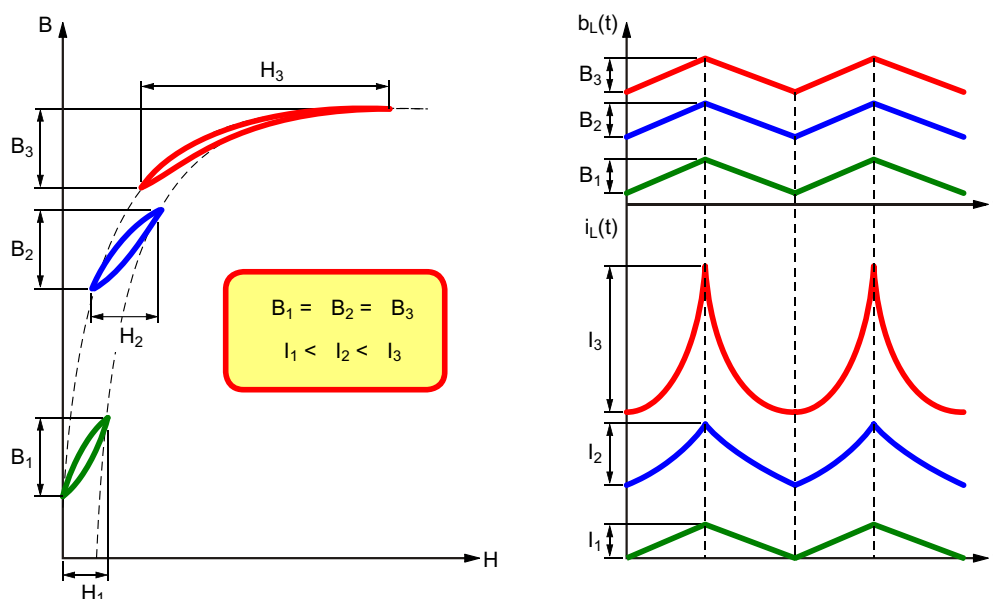
Если магнитопровод выполнен из материала, не имеющего резких перегибов кривой намагничивания (Рисунок 17б), то процессы будут аналогичны, только скорость нарастания тока будет увеличиваться не так стремительно. Но все равно, рано или поздно наступит момент, когда ток в обмотках начнет нарастать с той же самой скоростью, что и при отсутствии магнитопровода.

В реальности же все немного проще (Рисунок 17в). Неидеальность источника питания и наличие активного сопротивления обмотки приведут к «просадке» эквивалентного напряжения, подводимого к обмотке. Это, согласно формуле (39), приведет к уменьшению скоростей нарастания  $b(t)$ ,  $h(t)$  и  $i(t)$ . Если не принять никаких мер, то рано или поздно падение напряжения на активных сопротивлениях станет равным  $U$ , напряжение на выводах обмотки (эквивалентное), согласно второму закону Кирхгофа, станет равным нулю, что приведет к остановке нарастания индукции, напряженности магнитного поля и тока, а вся система перейдет в новое стационарное состояние.

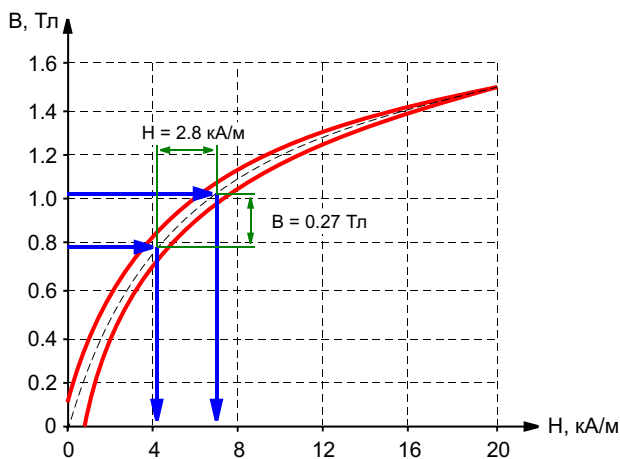
Зачем нужен это экскурс в физику и теорию электрических цепей? Хотя бы затем, что в реальном преобразователе при линейном изменении магнитной индукции магнитопровода токи в обмотках могут быть нелинейными (Рисунок 18). Чем больше ферромагнитный материал приближается к режиму насыщения, тем более нелинейными становятся токи.

В большинстве книг, посвященных импульсным преобразователям, этот момент рассмотрен недостаточно подробно. Во многих моделях считается, что магнитопровод дросселя никогда не зайдет в режим насыщения, поэтому токи в его обмотках всегда будут иметь «треугольную» форму и изменяются на некоторую величину, не зависящую от тока нагрузки. И это может сбить с толку начинающего разработчика. Поэтому если вы вдруг увидели на осциллографе ток, показанный на Рисунке 18 красным цветом, и это не было задумано, то знайте, что вам повезло, потому что ваши транзисторы и диоды еще «живы». Обычно при переходе в этот режим, например, при перегрузке преобразователя по току, силовые полупроводниковые приборы выходят из строя менее чем за секунду.

Теперь, зная всю специфику работы магнитопровода, мы можем рассчитать размахи пульсаций тока в обмотках нашего дросселя. А для этого необходимо определить величину  $\mu_{\text{экв}}$ .



**Рисунок 18.** Диаграммы магнитной индукции  $b(t)$  и тока  $i(t)$  в обмотке дросселя при различных режимах работы магнитопровода.



**Рисунок 19.** Определение  $\mu_{\text{ЭКВ}}$  по кривым намагничивания материала T26-52.

В большинстве справочников зависимости  $\mu_{\text{ЭКВ}}(B)$  отсутствуют, а приводятся обычно зависимости  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$ , как, например, на Рисунке 16. Но нам ничего не мешает определить  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$  классическим способом – по кривым намагничивания. Для этого отложим на основной кривой по вертикальной оси диапазон изменения индукции  $B$  в соответствии с выбранными значениями  $B_M$  и  $B_{\text{CP}}$  и, опустив перпендикуляры на горизонтальную ось, определим соответствующее ему значение  $H$  (Рисунок 19).

Эквивалентная магнитная проницаемость в этом случае будет равна:

$$\mu_{\text{ЭКВ}}(H) = \frac{B}{H} = \frac{0.27}{1.257 \cdot 10^6 / 2800} = 76.7. \quad (40)$$

Как видно из расчетов,  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$  мало чем отличается от начального значения, обещанного производителем, поэтому примем в дальнейших расчетах использованное ранее значение  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H) = 75$ , списав полученное расхождение на неточности определения  $B$  и  $H$ , хотя для некоторых магнитных материалов  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$  в рабочей точке может быть и больше  $\mu_{\text{НАЧ}}$ .

Теперь можно определить величины пульсаций токов в обмотках дросселя:

$$I_1 = \frac{H L_{\text{CP}}}{N_1} = \frac{2800 \cdot 0.015}{12} = 3.5 \text{ A} \quad (41)$$

$$I_2 = \frac{H L_{\text{CP}}}{N_2} = \frac{2800 \cdot 0.015}{21} = 2 \text{ A}.$$

На всякий случай сделаем проверку, определив размах пульсаций в обмотках другим путем. Справочный параметр магнитопровода T26-52 равен  $A_L = 56 \text{ нГн/виток}^2$ . В этом случае индуктивности обмоток равны:

$$L_1 = A_L N_1^2 = 56 \cdot 10^9 \cdot 12^2 = 8.06 \text{ мкГн} \quad (42)$$

$$L_2 = A_L N_2^2 = 56 \cdot 10^9 \cdot 21^2 = 24.7 \text{ мкГн}.$$

На протяжении первого интервала преобразования длительностью  $t_1 = 5.83 \text{ мкс}$  к обмотке  $W_1$  прикладывается напряжение  $U_{\text{ВХ}} = 5 \text{ В}$ . Согласно теории электрических цепей за это время ток в обмотке должен измениться на величину  $I_1$ :

$$I_1 = \frac{U_{\text{ВХ}} t_1}{L_1} = \frac{5 \cdot 5.83 \cdot 10^{-6}}{8.06 \cdot 10^{-6}} = 3.6 \text{ A}. \quad (43)$$

Это практически совпадает со значением, рассчитанным по формуле (41). Аналогично, можно определить размах пульсаций во второй обмотке, к которой на втором интервале преобразования длительностью  $t_2 = 4.17 \text{ мкс}$  приложено выходное напряжение второго канала  $U_{\text{ВЫХ2}} = 12 \text{ В}$ :

$$I_2 = \frac{U_{\text{ВЫХ2}} t_2}{L_2} = \frac{12 \cdot 4.17 \cdot 10^{-6}}{24.7 \cdot 10^{-6}} = 2 \text{ A}. \quad (44)$$

И здесь результат совпал с формулой (41).

А что, так тоже можно? Можно, но при условии, что эквивалентная магнитная проницаемость в рабочей точке  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$  не сильно отличается от ее начального значения  $\mu_{\text{НАЧ}}$ , а мы это проверили, в формуле (40). Дело в том, что справочный параметр  $A_L$  приводится при условии, что магнитопровод работает в слабых магнитных полях, когда  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H) = \mu_{\text{НАЧ}}$ . По мере намагничивания магнитопровода  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$ , а, следовательно, и индуктивности обмоток, будут уменьшаться, поэтому значения, полученные в формуле (41), могут значительно отличаться от расчетов (42) – (44). В этих случаях, чтобы минимизировать справочный параметр  $A_L$  желательно пересчитать по формуле (9), подставив в нее качестве эквивалентной магнитной проницаемости значение  $\mu_{\text{ЭКВ}}(H)$ . **РЛ**

### Список источников

1. Русу А.П. [Откуда появились базовые схемы преобразователей](#)

2. Русу А.П. [Зачем нужен трансформатор в импульсном преобразователе электрической энергии?](#)
3. Русу А.П. [Особенности применения трансформаторов в импульсных преобразователях электрической энергии](#)
4. Русу А.П. [В каком режиме должен работать магнитопровод дросселя импульсного преобразователя?](#)
5. Материалы с сайта <http://coretech.com.ua/>
6. Русу А.П. [Как определить размеры магнитопровода дросселя импульсного преобразователя](#)
7. Русу А.П. [Почему импульсные преобразователи «не любят» «легкую» нагрузку](#)
8. Каталог Powder Cores. – Epcos. – Magnetics. – 2017. – 112с.
9. Ferrites and accessories. SIFERRIT material N87. – Epcos. – 2006. – 7с.
10. [Каталог сердечников из распыленного железа.](#) – Coretech. – 2012. – 24с.
11. Русу А.П. [Почему обмотки дросселя обратного преобразователя могут иметь разное число витков](#)
12. Русу А.П. [Может ли ток в обмотке дросселя измениться мгновенно?](#)

*Продолжение темы в следующем номере*

# Тестирование и модернизация импульсного лабораторного источника питания



Михаил Гурович, США

*В данной статье описываются результаты тестирования, и модернизации нескольких лабораторных источников питания китайского производства типа QW-MS605D, приобретенных автором на eBay.com для одного из проектов*

**В** последнее время на рынке появилось большое количество импульсных лабораторных источников питания (ЛИП), сделанных в Китае и продающихся по очень умеренным ценам. Такие ЛИП стали очень популярными среди радиолюбителей именно из-за своей доступности.

Автор приобрел четыре таких источника для своей лаборатории и перед началом их использования в проекте решил вскрыть один из них, чтобы посмотреть, как они собраны, и, испытав каждый из ЛИП с использованием тестовой нагрузки и осциллографа, выяснить, каковы же на самом деле выходные параметры этих источников.

Зная о популярности подобных источников среди радиолюбителей, автор решил

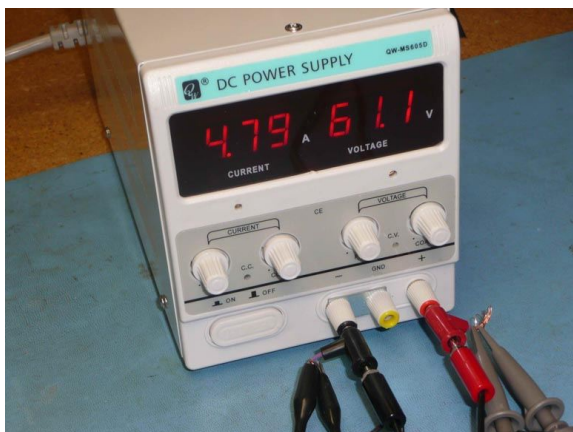


Рисунок 1. Вид на источник питания спереди.

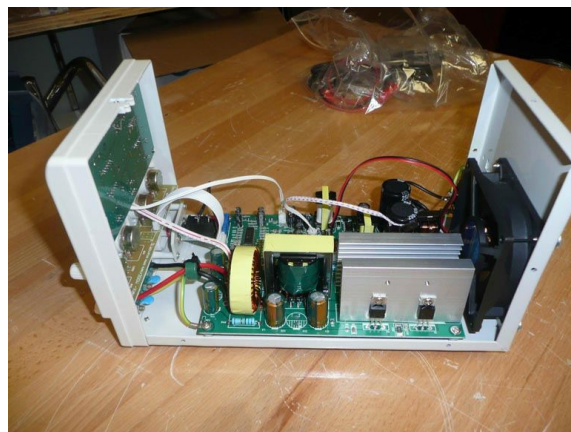


Рисунок 2. Вид на источник питания сзади.





**Рисунок 3.** Включенный дисплей.



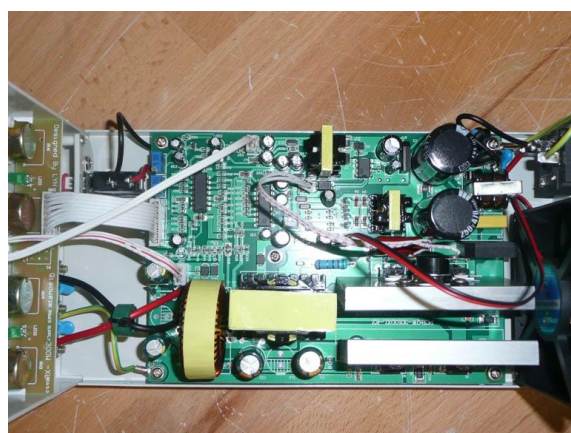
**Рисунок 5.** Вид на открытый источник справа.

поделиться своими впечатлениями, опытом и результатами тестирования в данной статье.

Итак, встречаем по одежке... Внешний вид этого ЛИП показан на Рисунке 1 (вид спереди), Рисунке 2 (вид сзади) и Рисунке 3 (вид индикаторов включенного ЛИП).

ЛИП выглядит достаточно хорошо, имеет отдельные цифровые индикаторы выходных тока и напряжения, отдельную точную и грубую регулировку выходного напряжения и уровня ограничения выходного тока. В нижней части передней панели находятся выходные клеммы – положительная, отрицательная и корпус. С завода источник поступает с отрицательной клеммой, соединенной с корпусом (с использованием специальной перемычки), но при необходимости к корпусу можно подключить и положительную клемму или оставить оба выхода плавающими (незаземленными).

Размеры ЛИП: ширина 125 мм, высота 170 мм, глубина (при отключенном кабеле питания) 280 мм. Сверху есть ручка для пере-



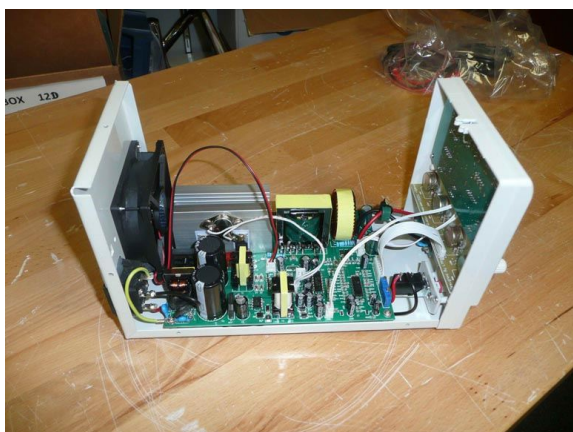
**Рисунок 6.** Вид на открытый источник сверху.

носки. Вес прибора чуть меньше 2 кг. Для сравнения, у автора в лаборатории имеется старый линейный ЛИП типа Protek 3003B с близкими выходными параметрами и практически такими же габаритами, при этом его вес составляет 6 кг.

Теперь откроем крышку и заглянем внутрь. Первое, что было замечено – низкое качество винтов. Головка винта сделана отвратительно и отвертка с трудом вращала винт. Забегая вперед скажу, что винты при сборке были заменены на более качественные и удобные в работе. Вид источника без крышки показан на Рисунках 4, 5 и 6.

Конструкция достаточно стандартная: шасси, основная плата и плата лицевой панели. На шасси сзади находится разъем для силового кабеля со встроенным предохранителем и вентилятор.

Следующее, что бросилось в глаза – это низкое качество пайки и подготовки проводов питания, идущих от разъема на задней панели до выключателя питания на лицевой сто-



**Рисунок 4.** Вид на открытый источник слева.

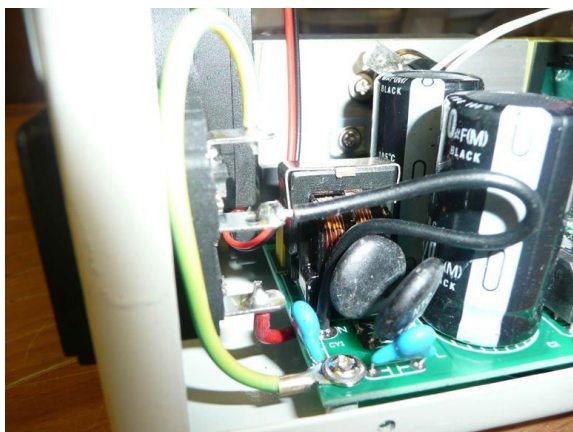


Рисунок 7. Провода разъема питания.

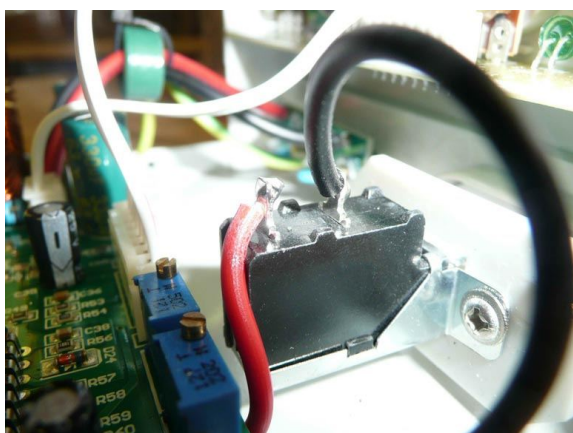


Рисунок 8. Провода выключателя питания.

роне. При удалении изоляции у этих проводов была повреждена медная жила и пайка выполнена без применения флюса. Кроме того, на провода не надета изоляция. Это показано на Рисунках 7 и 8. Еще раз, забегаю вперед, скажу, что для модификации этот ЛИП был разобран, и данные провода были

Model	Rated output		Display	Precision
	Voltage(V)	Current(A)		
1510D	0-15V	0-10A	3LED display	± 1%
1520D	0-15V	0-20A	3LED display	± 1%
303D	0-30V	0-3A	3LED display	± 1%
305D	0-30V	0-5A	3LED display	± 1%
3010D	0-30V	0-10A	3LED display	± 1%
602D	0-60V	0-2A	3LED display	± 1%
603D	0-60V	0-3A	3LED display	± 1%
605D	0-60V	0-5A	3LED display	± 1%
1003D	0-100V	0-3A	3LED display	± 1%

## 2. Specifications

### 2.1 Rated operating condition

Input voltage: 220V ± 10% 47 ~ 63Hz or 220V/110V ± 10% 47 ~ 63Hz

Working conditions: -10°C ~ 40°C relative humidity: <80%

Storage conditions: -20°C ~ 80°C relative humidity: <80%

2

Рисунок 9. Данные источника, заявленные производителем.

## 2.2 Output technical parameters

power effect ion: CV ≤ 0.05% + 1mV

CC ≤ 0.05% + 10mA

load effect ion: CV ≤ 0.1% + 5mV

CC ≤ 0.1% + 10mA

Ripples and noises: CV ≤ 10mV(RMS)

CC ≤ 20mA(RMS)

## 3. Panel's characteristics and technical parameters

### 3.1 front panel

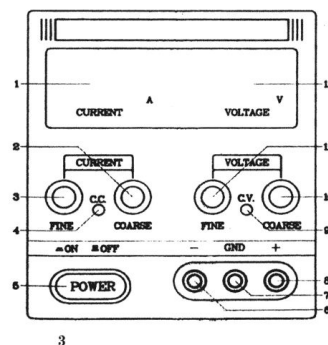


Рисунок 10. Данные источника, заявленные производителем (продолжение).

отпаяны, а при сборке все соединения были восстановлены с использованием флюса и изолированы термоусаживаемой трубкой.

На Рисунках 9 и 10 показаны технические данные источника от производителя – они будут нужны для сравнения с результатами наших измерений. Особое внимание стоит обратить на последнюю строчку в пункте 2.2: величина пульсаций и шума на выходе не более 10 мВ в режиме стабилизации напряжения.

Теперь включим ЛИП и посмотрим, что он выдает на выходные клеммы.

Для тестирования автор использовал следующие приборы:

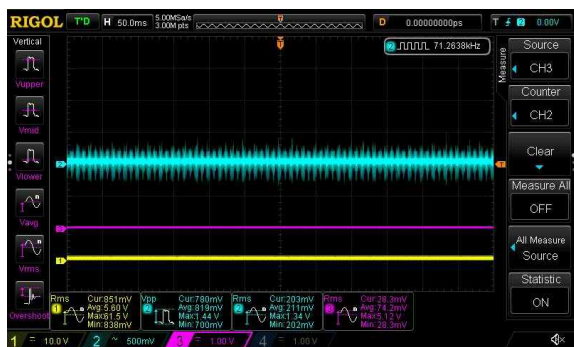
- Осциллограф RIGOL DS-1054;
- Тестовую нагрузку собственного изготовления сопротивлением 13 Ом и максимальной мощностью 1200 Вт;
- Клещи постоянного тока (КПТ) Hantek CC-65.

Пояснение ко всем снимкам экрана осциллографа:

- Канал №1 – Желтый цвет показывает полное выходное напряжение ЛИП;
- Канал №2 – Голубой цвет показывает только переменную составляющую выходного напряжения;
- Канал №3 – Лиловый цвет показывает выход КПТ с масштабом 1 В = 1 А.

В нижней части экрана осциллографа включен режим автоматического измерения и статистика результатов:

- Желтый канал – RMS (действующее значения напряжения).



**Рисунок 11.** Напряжение на выходе в режиме XX. Регулятор выхода установлен на минимум.



**Рисунок 13.** Напряжение на выходе при подключенной нагрузке. Регулятор выхода установлен на минимум.



**Рисунок 12.** Напряжение на выходе в режиме XX. Регулятор выхода установлен на максимум.



**Рисунок 14.** Напряжение на выходе при подключенной нагрузке. Регулятор выхода установлен на максимум.

- Голубой канал –  $V_{pp}$  (пиковое значение напряжения) и RMS,
- Лиловый канал – RMS.

Масштаб и усиление каждого из каналов видны на рисунках.

Сначала был протестирован выход в режиме холостого хода (XX).

Выходные напряжения показаны на Рисунке 11 (регулятор выходного напряжения установлен на минимум) и на Рисунке 12 (регулятор выходного напряжения установлен на максимум).

**Окончание в следующем номере**

Теперь подключаем нагрузку к выходу ЛИП и повторяем измерения (Рисунки 13 и 14).

Видно, что уровень высокочастотных пульсаций просто огромен и достигает 0.8 – 1.2Vpp в режиме XX, и становится еще больше под нагрузкой, достигая 0.95 – 1.7 Vpp.

После некоторых размышлений и визуального анализа основной платы автор решил заменить несколько старых компонентов и добавить несколько новых. Данные всех новых компонентов приведены в конце статьи. **РЛ**

# Солнечные панели, установленные на крышах, могли бы обеспечить энергией 25 процентов Европы

*Jonathan Tirone, Bloomberg*

*Renewable Energy World*

Европейцы могут значительно расширить масштабы производства недорогой солнечной энергии, просто воспользовавшись тем, что находится над их головами.

К такому выводу пришли исследователи, оценив неиспользуемый энергетический потенциал европейских зданий на основании анализа спутниковых снимков, цен на электроэнергию и данных о кредитовании. Согласно статье «Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии», опубликованной в октябрьском выпуске журнала «Elsevier», общая площадь крыш в три раза превышает территорию Люксембурга и может обеспечить недорогой энергией почти четверть Европейского Союза.

«Политика на государственном и региональном уровнях, направленная на использование этого потенциала, может быть полезной как для занятости людей в производственных, монтажных и эксплуатационных секторах, так и для мобилизации их на совершение перехода ЕС к малоуглеродной энергетике», – пишут исследователи Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии во главе с Каталин Бодис (Katalin Bodis).

Подавляющее большинство европейцев поддерживает переход к чистой энергии, чтобы остановить изменение климата, и правительства изо всех сил пытаются найти решения. Германия, экономический локомо-



тив Европейского Союза, полагает, что не сможет выполнить своих обязательств по сокращению выбросов, несмотря на рекордные инвестиции в солнечную и ветряную энергетику.

Низкие темпы инвестиций в модернизацию электрических сетей создали узкие места между теми регионами, где были развернуты периодически работоспособные генерирующие мощности, основанные на возобновляемых источниках энергии, и теми, которые все еще используют постоянно работающие станции, загрязняющие окружающую среду сжигаемым ископаемым топливом.

Новое исследование показывает, что более пристальное внимание к солнечным ресурсам на крыше может помочь директивным органам в более эффективном планировании, особенно когда ожидаемый рост продаж электромобилей приведет к повышению спроса на электроэнергию.

«Системы, расположенные на крыше, если они будут рассчитаны на выработку энергии преимущественно для местного потребления, могут покрыть возросший спрос. При этом будут исключены такие побочные эффекты, как перегрузка сети и стоимость передачи электроэнергии», – пишут исследователи.

Площадь крыш в Европейском Союзе составляет порядка 7,935 квадратных километров (3,064 квадратных миль), на которых можно вырабатывать около 680,276 гигаватт-часов электроэнергии в год. Согласно докладу, значительное снижение стоимости солнечной энергии, которая во многих частях мира достигла паритета с традиционными способами генерации энергии, означает, что получение электроэнергии из панелей, установленных на крыше, может быть экономически выгодным.

«Этот доклад может побудить правительства рассматривать поддержку устанавливаемых на крышах солнечных систем как легкую политическую победу, без каких-либо

компромиссов между выработкой энергии и использованием земли, и, вероятно, они завоевывают популярность среди владельцев крыш», – пишет аналитик Bloomberg NEF (New Energy Finance) в области солнечной энергетики Дженни Чейз (Jenny Chase).

«До сих пор домовладельцев отпугивали первоначальные капиталовложения в солнечные панели, высокие по отношению к сроку окупаемости, составляющему 25 лет», – сказала она.

«Кипр, Португалия, Мальта, Греция и Италия обладают самым высоким солнечным потенциалом, за ними следуют Франция, Испания и Германия», – говорится в документе. Страны Восточной Европы отстают из-за законодательных барьеров, препятствующих установке солнечных батарей на крышах домов.

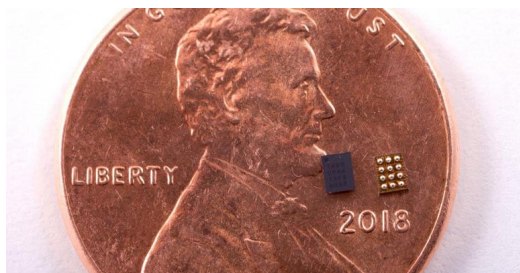
Солнечная энергетика в Европе – на повестке дня для обсуждения на выставке-конференции European Utility Week/POWERGEN, которая пройдет в Париже 12-14 ноября 2019 года. **РЛ**

# Микросхема искусственного интеллекта поддерживает работу Amazon Alexa на устройствах с автономным питанием

James Morra

Electronic Design

**К**омпания Syntiant – стартап из Ирвайн, Калифорния, заручившаяся поддержкой таких известных покровителей, как Intel и Microsoft, заявила, что ее специализированные микросхемы можно использовать для внедрения виртуального ассистента Amazon Alexa в более миниатюрные устройства с батарейным питанием, такие как носимая электроника и беспроводные наушники, которые просыпаются, услышав пробуждающее слово или другую команду, произнесенную голосовым помощником. Amazon только что подтвердила намерение использовать свои ускорители глубокого обучения с голосовым сервисом Alexa (AVS).



Микросхемы NDP100 этой компании можно запрограммировать на непрерывное прослушивание 64 пробуждающих слов или

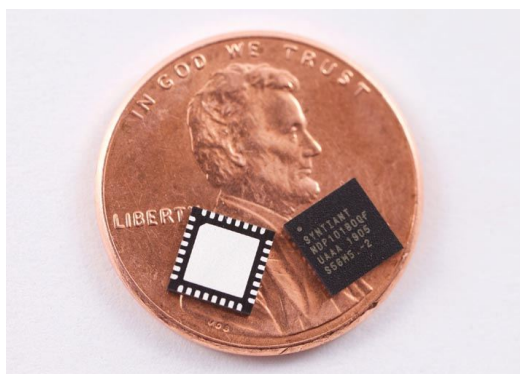
специфических звуков, таких как разбитие стекла или плач ребенка. При этом приборы, имеющие 100 КБ статического ОЗУ, потребляют мощность не более 150 мкВт. «Эти микросхемы специально созданы для распознавания ключевых слов, например «Alexa», и теперь наши процессоры можно использовать для быстрой разработки голосовых приложений в устройствах с автономным питанием», – заявил генеральный директор Курт Буш (Kurt Busch).

Компания Syntiant, основанная бывшими руководителями инженерных подразделений Broadcom, привлекла более \$30 млн от инвесторов, список которых включает Microsoft M12, фонд Alexa компании Amazon, Applied Ventures, Intel Capital, Motorola Ventures и Robert Bosch Venture Capital. Стартап выходит на развивающийся рынок устройств Интернета вещей с голосовой активацией, использующих Alexa и других голосовых помощников, таких как DuerOS компании Baidu, Apple Siri и Assistant от Google.

Микросхемы компании Syntiant, изготавливаемые с использованием техпроцесса 40 нм, подключаются напрямую к цифровым микрофонам или другим датчикам, активируя бездействующую систему, просыпающую

юся после прослушивания таких слов, как «Alexa», «Google» или других голосовых команд. Как только система просыпается, микросхемы предупреждают ее о том, что было захвачено микрофоном. В случае, если система не пробуждается немедленно, микросхемы, маленькие как нос Авраама Линкольна на одноцентовой монете, записывают в своей 112-килобайтной памяти три секунды звука.

Чип NDP100 упакован в корпус размером 1.4 мм × 1.8 мм, что делает его достаточно компактным для устройств с небольшими аккумуляторами, таких как наушники, термостаты и пульта дистанционного управления. NDP101 поставляется в корпусе QFN размером 5 мм × 5 мм и имеет дополнительные входы-выходы общего назначения, что позволяет использовать его в качестве процессора приложений в умных динамиках, холодильниках и других устройствах, располагающих дополнительным пространством. По словам Syntiant, Amazon квалифицировала чипы для использования в голосовых интерфейсах ближнего действия под управлением Alexa.



В первом квартале 2019 года Syntiant продемонстрировала эти микросхемы клиентам, пытающимся добавить искусственный интеллект к недорогим маломощным устройствам Интернета вещей, не уменьшая времени их автономной работы. Микросхемы могут выполнять около 2 триллионов операций на ватт, что обеспечивает им более чем 100-кратный выигрыш в энергоэффективности по сравнению с обычными и сигнальными процессорами, используемыми в настоящее

время для распознавания ключевых слов. Ожидается, что поставки микросхем начнутся до конца 2019 года. В больших лотах одна микросхема будет стоить менее \$10.

Специализированные микросхемы поддерживают операции умножения с накоплением, чаще называемые MAC-операции, лежащие в основе глубокого обучения. Syntiant экономит энергию, выполняя, когда это возможно, 4-разрядные вычисления, которые требуют примерно половину мощности по сравнению с более распространенными 8-разрядными операциями и сокращают перемещение данных между процессором и памятью. Syntiant также создает специализированные микросхемы, которые для большей экономии энергии используют аналоговые вычисления во флэш-памяти.

Syntiant пытается вывести из облака фазу логического вывода машинного обучения. Выполнение логического вывода внутри устройств с автономным питанием сокращает время ожидания, которое может задерживать ответы Alexa на вопросы или голосовые команды. Сегодня обучение происходит в центрах обработки данных с использованием графических процессоров Nvidia или TPU Google, которые могут сортировать большие партии данных с помощью программной библиотеки Tensorflow. Процессоры Intel Xeon являются действующим стандартом для выполнения алгоритмов логического вывода в облаке.

Syntiant выпустила инструменты программирования, которые передают обученные алгоритмы в ее специализированные микросхемы.

Санджай Волети (Sanjay Voleti), старший менеджер Amazon по внедрению устройств голосовых сервисов Alexa (AVS), заявил, что NDP100 «использует уникальный подход к обнаружению пробуждающих слов на устройствах с поддержкой голоса». Он сказал, что с нетерпением ждет возможности увидеть, как «разработчики начнут использовать эту технологию в своих устройствах и предоставят клиентам новые возможности сервиса Alexa». Amazon также одобрила использование с AVS микросхем Synaptics, Qualcomm, Xmos и Knowles. **РЛ**

# Музыкальная история компании Yamaha: первые 100 лет

## Часть 2

Окончание. Начало в номере 08-2019

Юрий Петропавловский

1970-годы для компании стали периодом бурного развития направления аудиотехники на полупроводниках, производство которых началось в 1971 году, а уже в 1972 году был выпущен первый интегральный усилитель Yamaha CA-700 и его более простая модификация CA-500. Для реализации

полных аудиосистем к усилителям были разработаны и освоены в производстве УКВ/СВ тюнер СТ-700, проигрыватель пластинок YP-700/500 и кассетный магнитофон ТВ-700В. Внешний вид перечисленных аппаратов показан на Рисунке 9. Все аудио компоненты 700-серии по нынешним меркам можно впол-



(а)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 9. (а) – Yamaha CA-700, (б) – Yamaha CT-700, (в) – Yamaha YP-700, (г) – Yamaha TB-700.



не отнести к аппаратуре Hi-Fi класса, однако сама компания в то время ориентировала аппараты серии на широкий круг покупателей. Для примера приведены некоторые характеристики усилителя CA-700: общий коэффициент гармоник (THD) 0.05% при выходной мощности 50 Вт, интермодуляционные искажения не более 0.1% при той же выходной мощности, полоса пропускания на большом сигнале 10-50000 Гц, чувствительность входов 1 и 2 для звукоснимателей различных типов 3 мВ/100 мВ.

Производство аппаратуры класса Hi-Fi (по меркам Nippon Gakki) началось в 1973 года с интегрального усилителя CA-1000, разработанного при участии GK Design Group и, как считают многие любители Hi-Fi аудио, аппарат входит в ряд моделей «перевернувших мир». В этом усилителе класса А возможно «горячее» переключение в класс АВ. (Как известно, линейный класс А потребляет слишком много энергии, что не всегда оправдано). Другим важным преимуществом усилителя является его мощный источник питания с конденсаторами фильтра 18000 мкФ × × 80 В и экранированным трансформатором. Усилитель выполнен полностью на дискретных биполярных транзисторах без применения каких-либо микросхем; весьма вероятно применение транзисторов собственного производства. В выходных каскадах усилителей мощности применены комплементарные пары транзисторов 2SC680B, 2SC1079Y/2SC1116Y (N-P-N), 2SA566B, 2SA679Y/2SA747 (P-N-P). Следует отметить, что спецификации этих транзисторов отсутствуют в самых различных справочниках по японским транзисторам, например, их нет в подробных справочниках издательства Tech Publications RTE LTD (Сингапур), что подтверждает предположение о применении собственных транзисторов. Однако некоторые фирмы предлагают аналоги под оригинальными или собственными наименованиями, например, компании American Semiconductor (2SC680), SavantIC Semiconductor (2SC1079, 2SA679), NTE Semiconductor (NTE218 – 2SA566).

В пользовательском и сервисном руководствах усилителя приведены весьма подробные характеристики аппарата. Приведем некоторые из них:

- Тип схемы усиления – прямая связь каскадов по току с переключением режимов классов А и В в сочетании с бесконденсаторным выходом OCL – Output Capacitor-less;

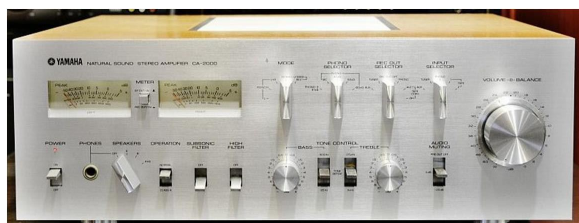
- Рейтинговая выходная мощность на нагрузке 8 Ом в полосе 20-20000 Гц:
  - 2 × 70 Вт в классе В,
  - 2 × 15 Вт в классе А;
- THD при рейтинговой мощности:
  - 0.1 % в классе В,
  - 0.04 % в классе А,
  - при  $P_{\text{вых}} = 1$  Вт в классе А – 0.02 %;
- Интермодуляционные искажения не более 0.1 %;
- Полоса воспроизводимых частот на большом сигнале:
  - 5 Гц-50 кГц (в классе В),
  - 5 Гц-100 кГц (в классе А);
- Коэффициент демпфирования нагрузки 70;
- Отношение сигнал/шум 100 дБ (усилитель мощности), 70-90 дБ (предусилитель с различных источников);
- Мощность потребления 250 Вт;
- Вес 15.5 кг.

После выпуска 1000-модели компания продолжила разработки усовершенствованных усилителей, выполненных по концепции OCL. В 1974 году была выпущена улучшенная версия CA-1000 II, а в 1976 – фактически новые модели более высокого уровня CA-1000 III и CA-2000 со стрелочными индикаторами уровня выходных сигналов. С целью повышения отношения сигнал/шум для модели CA-2000 компания специально разработала сдвоенные сверхмалошумящие полевые транзисторы и операционные усилители. В аппаратах применены сдвоенные регуляторы громкости (до и после предусилителя), а также некоторые конструктивные решения, что в результате привело к увеличению S/N до величины не менее 85 дБ. Выходная мощность этой модели в классе А составила 30 Вт + 30 Вт.

В 1977 году компания выпустила интегральный усилитель Hi-Fi класса А-1 в соответствии с популярной в то время концепцией применения усилителей постоянного тока (DC Amplifier), предполагающей исключение не только выходных разделительных конденсаторов, как в схемах OCL, но и конденсаторов в других узлах звукового тракта. В модели А-1 конденсаторы были исключены даже в предварительных усилителях; в результате был реализован усилитель постоянного тока в полном смысле от входов до выходов. Схема усилителя постоянного тока полезна для минимизации нелинейных и интермодуляционных



(а)



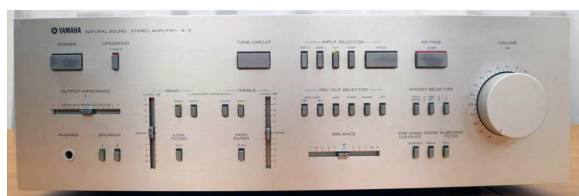
(б)



(в)



(г)



(д)

**Рисунок 10.** (а) – Yamaha CA-1000, (б) – Yamaha CA-2000, (в) – Yamaha A-1, (г) – Yamaha A-5, (д) – Yamaha A-9.

искажений, однако на практике пропускать сверхнизкие частоты, и тем более постоянную составляющую от источников сигналов, неоправданно, поэтому в аппарате установлены входные ФВЧ с частотой среза 10 Гц. В результате полоса пропускания усилителя на большом сигнале ( $P_{\text{ВЫХ}} = 35 \text{ Вт}/8 \text{ Ом}/0.03\% \text{ THD}$ ) составляет 10 Гц – 50 кГц. Основные параметры усилителя:  $P_{\text{ВЫХ}} = 2 \times 70 \text{ Вт}/8 \text{ Ом}$  в полосе 20 Гц – 20 кГц при  $\text{THD} = 0.02\%$ ; общий коэффициент гармоник при работе со звуко-

снимателем ММ (с подвижным магнитом) не более 0.005%.

В 1979 компания выпустила интегральные усилители А-5 ( $P_{\text{ВЫХ}} = 2 \times 40 \text{ Вт}$ ) и А-9 для замены СА-2000 в качестве флагманской модели интегральных усилителей. Внешний вид перечисленных аппаратов показан на Рисунке 10.

Естественно, кроме усилителей компания выпускала и практически все другие аудио компоненты Hi-Fi класса. В 1970-годах выпускались, например, акустические системы NS-690/670 (1972 г), NS-1000M (1974), NS-451, NS-10M (1978 г.), EX-1 (1979 г.), а также проигрыватели виниловых пластинок, кассетные магнитофоны, тюнеры, наушники, динамики и двухкомпонентные усилители (усилители мощности и предусилители).

После ухода Дженичи Каваками в 1977 году с поста президента Nippon Gakki наступил трудный период в развитии компании. Начался этот период с крупных финансовых потерь Yamaha Motor, попытавшейся обогнать компанию Хонда по производству мотоциклов и занять место лидера на рынке. Для этого Yamaha Motor резко нарастила выпуск мотоциклов, за ней то же самое сделала Хонда и другие производители, и в результате перепроизводства все «участники гонки» понесли многомиллионные убытки. Почти 40% акций Yamaha Motor принадлежали Nippon Gakki, поэтому краха не случилось за счет успешного производства электроники, БИС и полупроводниковых приборов.

Большой успех в этом направлении был связан с началом выпуска в 1983 году цифрового синтезатора Yamaha DX-7, ставшего самым продаваемым на тот период синтезатором. Этот инструмент, разработанный в



**Рисунок 11.** Цифровой синтезатор Yamaha DX-7.

лаборатории дизайна Yamaha под руководством Ясухи Кира, появился на рынке в разгар техно-поп музыки и наибольшей популярности аналоговых синтезаторов. Дизайн DX-7 резко контрастировал с аналоговыми синтезаторами (Рисунок 11), переполненными различными кнопками и ползунковыми регуляторами, однако этот простой на вид «прямоугольник» с клавиатурой обладал богатыми возможностями в сочетании с простотой управления. Появление DX-7 символизировало приход цифровой «революции» в музыку, а затем и в аудиотехнику.



**Рисунок 12.** Проигрыватель Yamaha CD-1.

Появление в 1982 компакт дисков стимулировало деятельность компании и в этом направлении. Для CD проигрывателей были разработаны собственные микросхемы, и уже в 1982 году компания выпустила свой первый проигрыватель Yamaha CD-1 (Рисунок 12). Аппарат сразу разрабатывался как Hi-Fi компонент и был выпущен в очень небольших количествах. В настоящее время он является раритетом, и многие эксперты считают его одним из лучших CD проигрывателей в мире. Проигрыватель выполнен в соответствии с традиционными требованиями к Hi-Fi аппаратуре: металлический корпус, отдельные экранированные печатные платы, отдельные источники питания аналоговой и цифровой частей, стеклянная линза профессионального оптического блока. Из внешних особенностей можно отметить наличие зеркала под лотком для наблюдения вращающегося диска и светодиодный индикатор положения точки воспроизведения.



**Рисунок 13.** Проигрыватель CD дисков CD-2000.

Широкому распространению CD дисков в первые годы после их появления на рынке препятствовала высокая стоимость CD проигрывателей. В 1983 году Nippon Gakki выпустила Hi-Fi CD проигрыватель CD-X1, продававшийся по цене менее 100 тысяч йен, что сделало его достаточно популярным и продаваемым. В аппарате были применены две БИС (YM3511, YM2201) собственной разработки, что значительно сократило число электронных компонентов и удешевило производство. Эти микросхемы нашли применение и у других производителей Hi-Fi CD проигрывателей, например, они применены в модели Bang & Olufsen Beogramm CD-50. В качестве ЦАП в CD-X1 и CD-50 применены одни из лучших преобразователей фирмы Burr-Brown PCM53JP (16-разрядный одинарный ЦАП с THD не более 0.025% и динамически диапазоном 98 дБ).

Одноканальные ЦАП Burr-Brown применены и в Hi-Fi модели CD-2000 (Рисунок 13), выпущенной в том же 1983 году, и в модели CDX-10000 (Рисунок 14), выпущенной в 1987 году к 100-летию юбилею компании Nippon Gakki (один из продуктов серии 10000 Monumental Products). Юбилейная серия Hi-Fi компонентов состояла из четырех продуктов: CDX-10000, усилителя мощности MX-



**Рисунок 14.** Проигрыватель CD дисков CDX-10000.



(а)



(б)



(в)

**Рисунок 15.** (а) – Yamaha MX-10000, (б) – Yamaha CX-10000, (в) – Yamaha HX-10000.

10000, предварительного усилителя с системой управления CX-10000 и фоновкорректора HX-10000 (Рисунок 15).

В проигрывателе CDX-10000 были использованы самые передовые на то время технологические и схемотехнические решения: технология High Bit Digital с 18-разрядным цифровым фильтром и 4-кратной передискретизацией, активный фильтр нижних частот 5-порядка, полный аналоговый тракт со связью по постоянному току, новый механизм с четырьмя двигателями и толстым шпинделем привода диска, отдельное размещение и питание аналоговых и цифровых частей аппарата. Основные параметры, заявленные производителем в спецификации: полоса пропускания 0-20000 Гц, THD – 0.002%, отношение сигнал/шум – 115 дБ,

динамический диапазон – 100 дБ, вес 25.5 кг. (Большой вес обусловлен применением тяжелых металлических плит для снижения вибраций и джиттера). Аппарат продавался по цене 400 тысяч иен; очевидно это был самый дорогой в мире CD-проигрыватель. В аппарате использованы микросхемы различных производителей, в том числе и собственной разработки (YM). Основные микросхемы:

- **YM3816** – сигнальный процессор и контроллер системы авторегулирования для CD проигрывателей, выполненный по КМОП технологии в 80-выводном корпусе для монтажа на поверхность. Микросхема обеспечивает такие функции, как демодуляция EFM сигнала оптического блока (Eight-to-fourteen, модуляция 8 в 14 используется при записи CD дисков), детектирование, коррекция ошибок и цифровая фильтрация сигнала для улучшения качества звука и точности работы систем авторегулирования.
- **M50753-4025, M50754-4035P (Mitsubishi)** – 8-разрядные микропроцессоры системы управления.
- **YM3404DF** или **YM3619D** – цифровые фильтры с 16-разрядной передискретизацией.
- **PCM56P-K (Burr-Brown)** – 16-разрядный ЦАП с последовательным входом. Основные параметры:
  - THD –92 дБ при максимальном размахе сигнала FS (Full Scale), –74 дБ при уровне сигнала –20 дБ от FS;
  - Динамический диапазон 96 дБ,
  - Разрешение 18 бит,
  - Дифференциальная ошибка линейности не более 0.001 %.
 Микросхема выпускалась долгие годы (имеются редакции спецификаций 1993 года).
- **YM3615** – цифровой регулятор громкости.
- **YM3613** – передатчик цифрового аудио интерфейса.

В связи со 100-летием со дня основания компания Nippon Gakki в 1987 году была переименована в Yamaha Corporation. **РЛ**

# Простая реализация 4-проводного подключения датчика RTD для высокоточных измерений температуры

Thomas Brand

Analog Devices

Процессы производства широкого спектра продуктов требуют высокоточных и надежных методов измерения температуры. Температура часто измеряется путем непосредственного контакта с датчиком, например, при погружении датчика в жидкость или при контакте с поверхностью механизма. Помимо термисторов и термопар, особенно хорошо подходят для измерений резистивные датчики температуры (RTD) из-за их малого времени отклика и превосходной чувствительности, достигающей нескольких сотен мкВ/°С. Они также могут использоваться для измерения в очень широком диапазоне температур

от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$  с почти линейной характеристикой. Выпускаются различные варианты RTD, например, с двумя, тремя или четырьмя проводами, что обеспечивает высокую гибкость применения.

Для генерации измерительного напряжения RTD нуждается в токе возбуждения. В зависимости от типа RTD, уровни напряжений варьируются от нескольких десятков до нескольких сотен милливольт. Точность измерительной системы зависит не только от датчиков температуры, но и от выбора подходящих средств измерения, конфигурации системы и а также типа измерительной схемы.

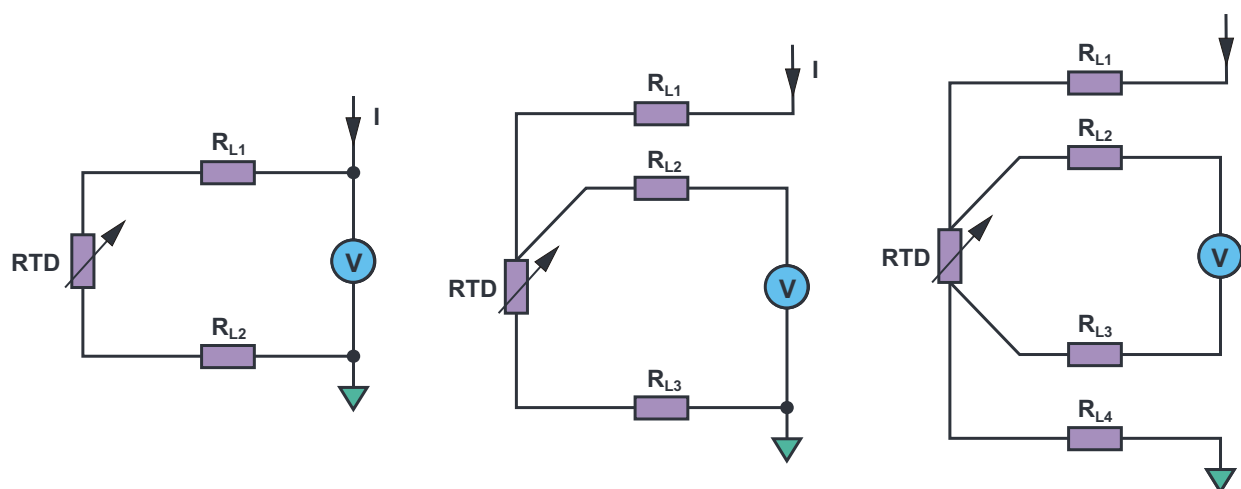


Рисунок 1. Сравнение 2-, 3- и 4-проводных измерений.

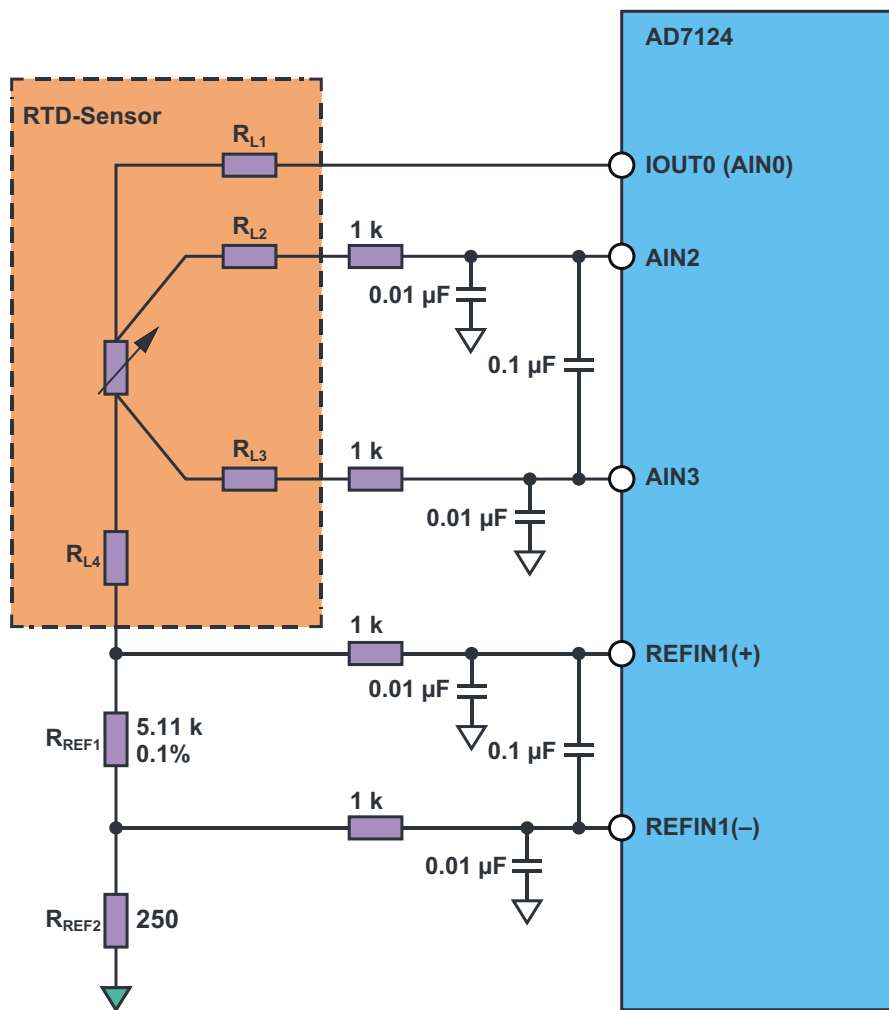


Рисунок 2. 4-проводное подключение датчика RTD к микросхеме AD7124.

В зависимости от количества проводов, датчики RTD могут использоваться с 2-, 3- или 4-проводными схемами измерений. Сравнение этих различных измерительных схем показано на Рисунке 1.

В 2-проводной схеме измерений два провода, через которые на RTD подается ток возбуждения  $I$ , используются также для измерения напряжения на датчике. Из-за низкого сопротивления датчика даже сравнительно небольшие сопротивления проводов  $R_L$  создают относительно высокие погрешности измерений. В 3- или 4-проводных измерительных системах эту ошибку можно минимизировать, поскольку возбуждение датчика происходит через отдельные провода, а измерительные провода датчика размещаются непосредственно на входах измерительного устройства, которые обычно имеют высокий импеданс.

К сожалению, из-за низкого падения напряжения на RTD сигналы очень зашумлены. Следовательно, необходимо по возможности избегать длинных измерительных проводов. Снизить шумы можно путем усиления, разместив усилитель как можно ближе к источнику сигнала или RTD. Кроме того, для дальнейшей обработки данных следует использовать чувствительные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с хорошим отношением сигнал/шум. Для приложений прецизионных измерений идеально подходят такие - АЦП, как выпускаемые Analog Devices 24-битные приборы семейства AD7124 с малошумящим аналоговым интерфейсом. Входы этих микросхем могут быть выборочно сконфигурированы как дифференциальные или несимметричные/псевдодифференциальные. Семейство AD7124 также имеет встроенный цифровой фильтр и

программируемый усилительный каскад, что делает его идеальным для низковольтных приложений. Схема на Рисунке 2, демонстрирует пример конфигурации для 4-проводного измерения с использованием AD7124.

Аналоговые выводы AIN2 и AIN3 микросхемы AD7124 сконфигурированы как дифференциальные входы и измеряют напряжение RTD. Ток возбуждения RTD создается с помощью внутреннего напряжения аналогового питания AVDD и подается через AIN0. Одновременно ток возбуждения проходит через прецизионный опорный резистор  $R_{REF1}$ , создавая падение напряжения, используемое опорными выводами REFIN1(+) и REFIN1(-). Это падение напряжения прямо пропорционально падению напряжения на RTD. Такая логометрическая конфигурация гарантирует, что изменения тока возбуждения не влияют на общую точность системы.  $R_{REF2}$  служит напряжением смещения, которое требуется для правильной работы активных внутренних аналоговых буферов АЦП. Буферы необходимы для фильтрации данных перед аналого-цифровым преобразованием, обеспечивающей сглаживание и снижение шумов. В качестве альтернативы, было бы также воз-

можно все аналоговые и опорные входы подключить с дискретными RC-фильтрами. Калибровка измерительной системы (калибровка нуля и полной шкалы) для минимизации ошибок усиления и смещения перед началом измерений при использовании AD7124 также выполняется очень просто.

## Заключение

При наличии такого аналогового интерфейса, который имеют АЦП семейства AD7124, создать систему измерения температуры на основе RTD сравнительно легко. В этих АЦП очень хорошо сочетаются высокая точность, низкое энергопотребление и низкие шумы, что необходимо для высокоточных измерений и для малопотребляющих портативных устройств. Кроме того, высокий уровень интеграции и гибкость AD7124 упрощают архитектуру конструкции и помогают сократить цикл проектирования измерительных приложений, использующих различные типы датчиков. **PL**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD7124-4](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD7124-8](#)

# Простой зарядовый насос повышает входное напряжение на 50%

Eric Micko

Electronic Design

Эта схема зарядового насоса, в которой используется всего несколько диодов и конденсаторов, в отличие от обычных удвоителей, повышает входное напряжение в 1.5 раза

Микромощным устройствам иногда требуется несложная и недорогая схема, повышающая напряжение батареи, питающей систему, и часто это делается с помощью обычного удвоителя напряжения на основе зарядового насоса. Однако в тех случаях, когда удвоенное напряжение превышает требуемое напряжение системы, результирующее удвоение тока нагрузки будет чрезмерной платой с точки зрения ресурса батареи. В таких случаях более подходящим может быть умножитель напряжения на 1.5 (Рисунок 1).

Умножитель управляется микросхемой с КМОП выходом. При низком уровне этого выхода конденсаторы C1 и C2 соединены последовательно и заряжаются через D1-1 и D2-1. Когда уровень выходного сигнала высокий, эти конденсаторы параллельны, и C1 разряжается на конденсатор C3 через диоды D1-2 и D2-2, а C2 разряжается на C3 через D2-3. (Ток делится между C1 и C2, так как во время каждого цикла разряда конденсаторы, по существу, соединены параллельно, если не учитывать одного небольшого падения напряжения на диоде). Как и ожидалось, ток нагрузки на стороне повышенного напряже-

ния, видимый со стороны входа, умножается в 1.5 раза.

Диоды Шоттки предпочтительнее обычных диодов из-за гораздо меньшего падения напряжения, способствующего повышению КПД. Три конденсатора могут быть одинаковой емкости, причем ее значение зависит от тока нагрузки, максимально допустимых пуль-

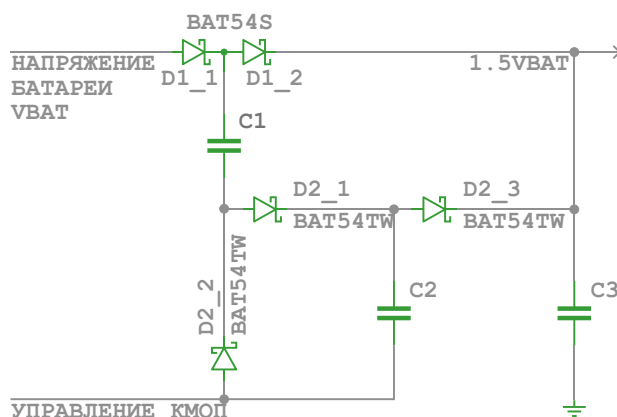


Рисунок 1. Выходное напряжение этой простой схемы повышения напряжения на коммутируемых конденсаторах в 1.5 раза больше входного.



саций выходного напряжения и рабочей частоты. А тактовая частота, соответственно, является функцией первых двух из этих факторов наряду со значением емкости. Учитывая широкий диапазон доступных емкостей конденсаторов и тактовых частот, разработчик имеет возможность их гибкого выбора.

Например, предположим, что тактовая частота составляет 5 кГц, а требуемый ток нагрузки равен 100 мкА при максимальном размахе пульсаций 133 мВ. При такой тактовой частоте время для разряда конденсатора С3 составляет примерно 200 мкс (если не учитывать короткий импульс переноса заряда каждые 200 мкс). Первый цикл разряда (100 мкс) происходит после переноса заряда от С1 и С2, а вторым циклом разряда (также 100 мкс) является разряд самого С3. Во время второго цикла конденсатор С3 разряжается током нагрузки, а конденсаторы С1 и С2 заряжаются. Автономным разрядом С3 обусловлено около трех четвертей напряжения пульсаций. Таким образом, для уровня пульсаций 100 мВ

$$C3 \quad (100 \text{ мкА}) \quad \frac{100 \text{ мкс}}{100 \text{ мВ}} \quad 0.1 \text{ мкФ.}$$

Во время первого цикла заряд передается от  $V_{CC}$  к С1 и С2 импульсом, длительность

которого намного меньше времени разряда конденсатора С3. Предполагая, что выходное сопротивление  $R_{OUT}$  управляющей микросхемы равно 100 Ом, а емкости конденсаторов С1 и С2 одинаковы, время заряда (произведение емкости включенных последовательно конденсаторов на  $R_{OUT}$ ) будет равно

$$0.05 \text{ мкФ} \quad 100 \text{ Ом} \quad 5 \text{ мкс}$$

(что намного меньше времени разряда конденсатора С3). Во время первого цикла четверть напряжения пульсаций возникает после переноса заряда в С3 из С1 и С2. Пульсации возникают из-за параллельного разряда трех конденсаторов. Поскольку ток нагрузки равен 100 мкА, а емкость трех параллельных конденсаторов составляет 0.3 мкФ, напряжение пульсаций равно

$$(100 \text{ мкА}) \quad \frac{100 \text{ мкс}}{0.3 \text{ мкФ}} \quad 33 \text{ мВ.}$$

Таким образом, общие пульсации за первый и второй циклы составляют 133 мВ. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Diodes BAT54S](#)
2. [Datasheet Diodes BAT54TW](#)

## Нет электроники – нет посадки на Луну

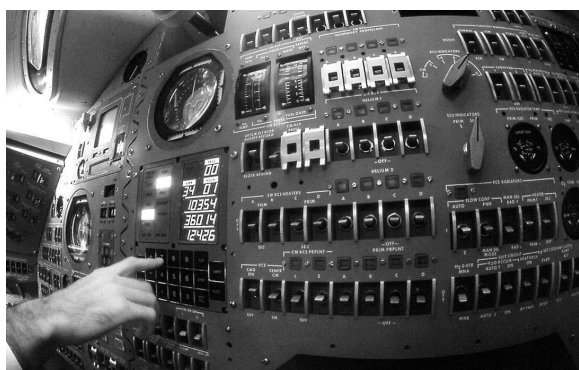
George Leopold

EE Times

*У Советов были более мощные ракеты-носители, способные взять больше полезной нагрузки, но решающим в достижении Луны к концу 1960-х годов оказался акцент США на снижении веса и на развивающемся секторе электроники*

Относительно ничтожная вычислительная мощность компьютеров, доступная инженерам проекта Apollo в 1960-х годах, делает их достижения гораздо более впечатляющими.

Как и во всех аспектах конструкции Apollo, решающим фактором был вес. Использование маломощной электроники помогло гигантской



*Для обновления данных, хранящихся на этом компьютере [Управляющий компьютер Apollo], который вычислял скорость и местоположение космического корабля, астронавты использовали астрономические наблюдения.*

ракете-носителю Сатурн-5 «уложиться в норматив» веса и выдержать крайний срок пилотируемой посадки на Луну, установленный президентом Кеннеди на конец десятилетия.

Организатором и координатором титанических усилий по разработке и интеграции появляющихся полупроводниковых технологий в системы Apollo, такие как великолепный управляющий компьютер Apollo, была Лаборатория приборостроения MIT (Массачусетский технологический институт), позже переименованная в Draper Labs. Принятое в 1962 году решение о разработке управляющего компьютера с использованием интегральных логических схем было одним из первых решительных шагов.

Ключевыми поставщиками микросхем для управляющего компьютера были Texas Instruments, Motorola Semiconductor Products, Westinghouse Electric и, последняя по порядку, но не по значимости, компания Fairchild Semiconductor – инкубатор корпорации Intel.

Как только в 1962 году с производственных линий начали выходить микросхемы, инже-

неры MIT столкнулись с новыми проблемами организации снабжения. Эти проблемы они описывали следующим образом:

«Было сложно сохранить поставщика качественных интегральных микросхем в течение производственного цикла компьютера Apollo. Полупроводниковая индустрия была нацелена на непрерывное движение к «современному уровню», и это движение сопровождалось частыми изменениями технологических процессов, как непреднамеренных, так и преднамеренных. Постоянные изменения привели к неопределенности в функциональной стабильности, качестве, надежности и сроке службы полупроводниковых продуктов. Учитывая критические требования к надежности и сроку службы [управляющего компьютера] в системе Apollo, необходимо было разработать такой подход к закупкам микросхем, который обеспечивал бы поставку качественных компонентов».

Первоначально в качестве основного поставщика микросхем MIT выбрал Fairchild, особенно потому, что первопроходец в области производства микросхем мог доставить их из существующих запасов всего за несколько дней. Но поскольку после принятия решения о переходе с транзисторной основы на логические микросхемы разработка управляющего компьютера ускорилась, NASA и MIT обратились к дополнительным источникам, таким как Texas Instruments.

Логистика поставок микросхем NASA-MIT столкнулась с некоторыми ранними проблемами «детских болезней», что, однако, не стало неожиданностью в масштабе решения таких огромных технологических задач, как создание Apollo.

Согласно комментарию к проекту управляющего компьютера Apollo, TI не выдержала крайний срок поставки своих логических устройств. Но как только компания решила все проблемы технологического процесса, она стала основным поставщиком логических устройств для Apollo.

Motorola также не смогла обеспечить своевременную отгрузку микросхем, и «не стала приемлемым источником поставок», отмечается в комментарии.

Среди факторов, определивших высокую скорость проектирования и разработки элементов системы управления Apollo, были механические и электрические характеристики логических элементов. В конечном итоге

MIT остановился на тех же требованиях, которые предъявлялись к логическим устройствам коммерческого назначения. При этом руководители программы пошли на экстраординарные меры, чтобы гарантировать, что компьютерные микросхемы обеспечивают беспрецедентный уровень надежности.

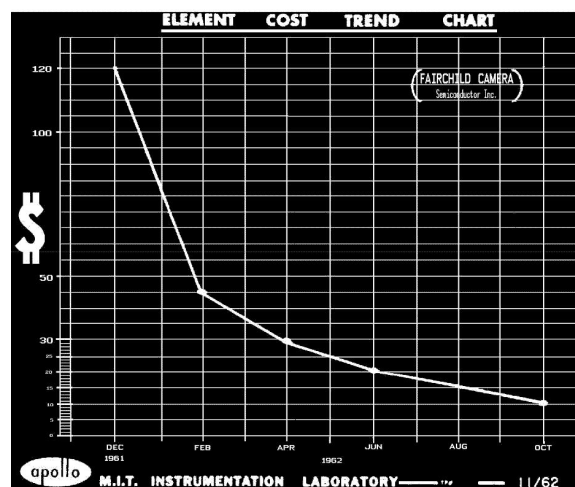
Стандартизация единого логического компонента также способствовала решению проблем надежности, которые имели первостепенное значение при использовании управляющего компьютера для доставки экипажей Apollo в нужную точку пространства, чтобы попасть на Луну через три дня после запуска.

Огромный объем логических микросхем, поставляемых подрядчику НАСА, быстро снизил цену одного логического чипа. Согласно диаграмме, опубликованной на сайте [klabs.org](http://klabs.org), стоимость логических устройств, поставляемых Fairchild Camera, в период с декабря 1961 года по октябрь 1962 года упала со 120 долларов за штуку до 10 долларов.

Пример медленного, но неуклонного развития ранней электроники проявляется в полученном MIT от Westinghouse в марте 1963 года счете за 125 логических микросхем «ИЛИ-НЕ», проданных подрядчику Apollo по цене \$77.60 за штуку.

Это было начало массового производства чипов, одним из стимуляторов которого стало решение отправить людей на Луну.

Когда в начале 1960-х годов сформировался облик бортового компьютера Apollo, НАСА готовилось к тому, чтобы догнать и перегнать Советов в космическом простран-



Эта диаграмма показывает снижение цены на микросхемы, происходившее в период закупок для оценки качества. ([klabs.org](http://klabs.org))

нстве, выполняя все более сложные эксперименты – от встречи и стыковки до выхода в открытый космос и длительных полетов на выносливость. Ключевой причиной, по которой США вышли в лидеры во время проекта Gemini, были превосходные электронные компоненты и новые подходы к системной интеграции.

В резком контрасте, усилия создателей советской электроники во время космической гонки были беспорядочными. Согласно окончательному отчету историка космоса Асифа Сиддики (Asif Siddiqi) о советской космической программе, бюрократические распри и неразвитый сектор электроники не оставили шансов российским ракетчикам.

По словам одного из руководителей советской космической отрасли, которого цитирует

Сиддики, «В конечном итоге наши космические радиоэлектронные технологии начали отставать от технологий американцев по срокам разработки, качеству и общему научно-техническому уровню».

У Советов были более мощные ракеты-носители, которые могли вывести большую полезную нагрузку, но акцент США на снижении веса и развивающемся секторе инновационной электроники оказался решающим для достижения Луны к концу 1960-х годов.

Как любили говорить первые астронавты: «нет баксов, нет Бака Роджерса». (Бак Роджерс – вымышленный персонаж американских книг и комиксов космической тематики – ред.)

То же самое относится и к космическим технологиям: Нет электроники – нет посадки на Луну. **РЛ**



## 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)



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

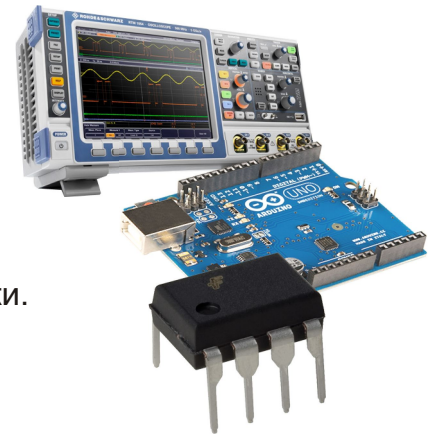


[twitter.com/rlocman](http://twitter.com/rlocman)

И еще многое другое на портале:

## РАДИОЛОЦМАН. ...

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



# Некоторые вопросы

# конструирования любительских оптических локаторов



## Часть 1

М. П. Басков, О. Д. Левашов

### Аннотация

*В статье освещаются некоторые вопросы конструирования высокочувствительных инфракрасных оптических локаторов. Приводится несколько электронных схем, конструкция оптического Приемопередающего узла и результаты испытаний, подтвержденные видеоматериалами*

Оптические инфракрасные локаторы широко применяются в любительской робототехнике для обнаружения препятствий в диапазоне расстояний от нескольких миллиметров до десятков сантиметров, поскольку именно на этот диапазон имеются готовые решения в китайских интернет-магазинах.

Если требуется уверенное обнаружение препятствий на расстоянии более 1 метра, то перед разработчиком робота стоит дилемма: либо разработать собственную конструкцию локатора, либо начать поиски промышленного решения и его адаптации.

В статье рассматриваются некоторые вопросы конструирования оптических инфракрасных локаторов для диапазона обнаружения препятствий от 5 до 40 метров, конструкция оптических систем которых обладает простотой и возможностью тиражирования.

Последнее особенно актуально, так как робот может иметь несколько локаторов.

Описанные в статье инфракрасные локаторы могут применяться также в охранных системах, для учета трафика и в системах предупреждения столкновения внутрицеховых транспортных средств.

В первой части мы рассмотрим оптические локаторы, использующие в качестве излучателя мощные инфракрасные светодиоды.

### Немного теории

Основой любого оптического локатора являются оптические конструкции, осуществляющие формирование потока излучения и прием части этого излучения, отраженного от препятствия. В подавляющем большинстве случаев используются оптические конструкции, основным элементом которых является линза.

При рассмотрении этих конструкций мы будем использовать базовые термины геометрической оптики:

- **Точечный источник излучения** – источник, излучающий свет по всем направлениям равномерно, и размерами которого, по сравнению с расстоянием, на котором оценивается его действие, можно пренебречь.
- **Главная оптическая ось** – прямая, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу. Каждая двояковыпуклая сферическая линза имеет одну главную оптическую ось.
- **Оптическая аберрация** – искажения светового потока, присущие всякой реальной оптической системе. Возникновение аберрации вызвано тем, что преломляющие поверхности неспособны собрать в точку широкие пучки лучей, падающие на них под углом к главной оптической оси. И наоборот, они неспособны создать идеальный параллельный пучок лучей, излученных точечным источником.
- **Главный фокус** – точка, в которой пересекаются продолжения лучей, падающие на линзу параллельно главной оптической оси.
- **Световое пятно** – область поверхности, на которую падает световой поток от источника излучения, в которой интенсивность света максимальна.

Использование линзового формирователя светового потока имеет несколько особенностей.

- Первая заключается в неполном использовании светового потока светодиода. Мощные светодиоды, имеют угол излучения от 180 до 110 градусов, в то время как типичные сферические линзы имеют угол фокусировки около 60 градусов. В общем случае, чем меньше фокусное расстояние линзы и больше ее диаметр, тем большую часть потока излучения светодиода можно будет перевести в направленное излучение. Реальная линза формирует луч, собирая только от 30 до 50 процентов излучения светодиода.
- Вторая особенность заключается в том, что свойственная линзам оптическая аберрация, уменьшает количество света в луче, сформированном линзой. Для

уменьшения аберрации применяются специальные линзы с переменной кривизной поверхности.

- Мощный светодиод только в первом приближении можно рассматривать как точечный источник света. Даже при «идеальной» фокусировке мы получаем весьма размытое световое пятно в форме кристалла [группы кристаллов], на котором можно разглядеть элементы структуры.
- Прозрачное покрытие кристалла светодиода только условно можно считать сферическим. Нарушения геометрии этого покрытия затрудняет точную фокусировку.

## Условия эксплуатации

Приступая к созданию собственной конструкции инфракрасного локатора, разработчик должен сформулировать для себя определенный набор условий применения локатора:

1. **Вид препятствия.** Это могут быть стены, транспортные средства, люди или крупные животные.
2. **Расстояние до препятствий,** на котором они должны уверенно обнаруживаться.

Пункты 1 и 2 напрямую зависят от оптической конструкции прибора. В Таблице 1 приведена зависимость размеров светового пятна от угла излучения.

При настройке локатора светодиод излучателя ориентируем так, чтобы нижняя грань кристалла была горизонтальна.

Чисто теоретически, при применении оптики с углами излучения/приема 10 градусов без учета мощности излучателя и отражательной способности объекта дальность обнаружения составит:

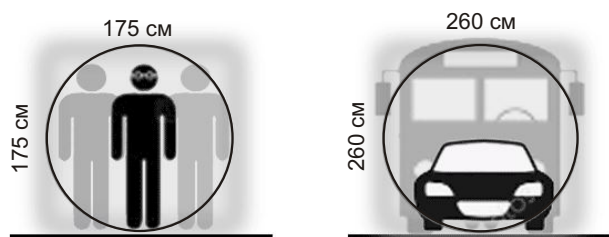
- для первого случая – 10 м,
- для второго случая – 15 м.

Уменьшая угол излучения и «угол зрения» приемника, можно получить лучшие значения, что и следует из Таблицы 1. В этом случае диаметр светового пятна в таблице соответствует вписанной окружности, так как показано на Рисунке 1.

3. **Отражающая способность препятствий.** Под отражающей способностью мы понимаем не только коэффициент отражения поверхности объекта, но и угол

**Таблица 1.** Зависимость диаметра светового пятна в сантиметрах от угла расхождения светового потока

Дистанция [м]	Угол расхождения луча [градусов]			
	3	5	10	15
1	5	9	18	27
2	10	18	35	54
3	16	26	53	81
4	21	35	71	108
5	26	44	88	135
10	52	88	177	270
15	79	131	265	404
20	105	175	354	539
25	131	219	442	674
50	262	438	884	1348



**Рисунок 1.** Оптимальные размеры светового пятна для излучателя на основе мощного светодиода.

под которым излучение падает на эту поверхность. Если поверхность имеет высокое значение отражающей способности и угол падения на него луча локатора заметно отличается от 90 градусов, например, при наведении локатора на лобовое стекло легкового автомобиля, мы можем вообще не получить отраженного луча.

**4. Условия внешнего освещения.** Надо понимать, что при ярком солнечном освещении препятствия, или при полной темноте дальность обнаружения препятствия существенно уменьшается. Если локатор должен работать в широком диапазоне внешней освещенности, то необходимо заранее предусмотреть комплекс мер по компенсации потерь чувствительности.

**5. Условия эксплуатации.** Если локатор предназначен для эксплуатации вне помещений, то нужно обеспечить соответствующую степень влагозащиты. Необходимо определить также, каким способом будет происходить защита оптической системы от пыли. Если защита от пыли отсутствует,

то нужно понять, с какой регулярностью и каким инструментом будет производиться очистка поверхностей линз от пыли и других видов загрязнений.

После того как условия эксплуатации локатора определены, можно перейти непосредственно к конструированию локатора.

## Приемопередающий узел локатора

Конструкция Приемопередающего узла оптического локатора, описанная в статье, достаточно проста в реализации; ее можно тиражировать, однако каждый собранный из типовых деталей узел нуждается в индивидуальной настройке.

Ниже мы не только детально опишем изготовление Приемопередающего узла, но и особенности его настройки, а также приведем практические рекомендации по конструкции локатора в целом.

Излучатель и приемник Приемопередающего узла оптического локатора с целью унификации используют одну и ту же оптическую схему, в которой используются объективы с одинаковым диаметром линз.

Объективы приобретены на AliExpress по цене «рупь за ведро» (Рисунок 2).



**Рисунок 2.** Объективы локаторов.

В экспериментах, описываемых ниже, используются объективы с линзами из поликарбоната двух диаметров: 10 мм и 20 мм, формирующих пучок лучей с углами расхождения 10 и 3 градусов, соответственно. Наружный диаметр объективов составляет 14 и 22 мм, соответственно.

Конструкция Приемопередатчика, показанная на Рисунке 3, состоит из объединенных в одно целое отрезков тонкостенных металлических труб нужного диаметра длиной 70-80 мм, обеспечивающих эффектив-





**Рисунок 3.** Приемопередатчик в сборе.

ное электрическое и оптическое экранирование приемного элемента. Длина объясняется необходимостью размещения в одном таком тубусе объектива с фотоприемником и предварительного усилителя, а в другом – излучателя с радиатором и драйвера мощного светодиода.

Следует учесть, что объектив фотоприемника должен быть заглублен в тубус примерно на 20 мм для уменьшения внешней засветки.

*Если вы не поместите предварительный усилитель и драйвер внутрь металлических тубусов, то вместо полезного сигнала будете наблюдать помехи от внешних и внутренних электромагнитных полей.*

Такая конструкция обеспечивает максимальную параллельность оптических осей излучателя и приемника, что является важнейшим условием при конструировании оптического локатора. Нужно заранее продумать способ крепления Приемопередатчика к корпусу или плате локатора и изготовить необходимые крепежные элементы.

Обратите внимание на третью трубку, служащую корпусом лазерного целеуказателя. Целеуказатель, в качестве которого используется лазерный модуль с AliExpress с наружным диаметром 6 мм, – это очень важная деталь инфракрасного локатора, которая будет использоваться на этапе монтажа по месту.

## Практические советы по сборке Приемопередаточного узла

Подготовленные трубки укладываются на плоскую поверхность, плотно сжимаются с помощью двух деревянных брусков и склеиваются между собой моментальным клеем с использованием пищевой соды в качестве катализатора.

Проверенная методика заключается в следующем:

- На место склейки наносится несколько капель моментального клея. Благодаря высокой текучести клей растекается тонким слоем и проникает между трубками.
- Затем место склеивания посыпается содой. Процесс полимеризации происходит мгновенно, после чего бруски, сжимающие трубки, можно убрать.
- Трубки следует перевернуть. С обратной стороны слой клея еще остается в жидком состоянии. Повторяем операцию с содой.
- После этого наши трубки составляют одно целое. Для лучшего электрического контакта трубки можно пропаять.
- Трубка целеуказателя укладывается в ложбину между трубками приемопередатчика. Вся конструкция стягивается резиновым жгутом, после чего трубка целеуказателя приклеивается описанным выше способом. Собранный таким способом основа приемопередатчика гарантированно обеспечивает параллельность всех трех оптических осей.

## Сборка и монтаж объективов

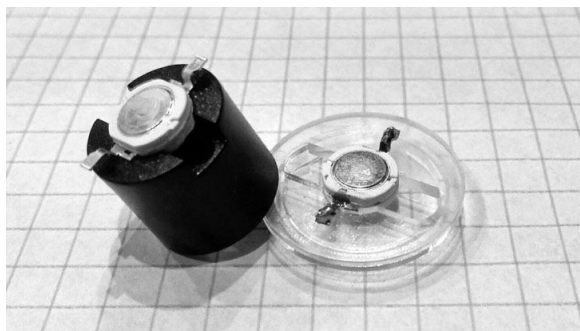
Поскольку фокусировка невидимого светового потока является нетривиальной задачей, подскажем небольшой лайфхак. Объективы, показанные на Рисунке 2, предназначены для мощных светодиодов и имеют специальные пазы для выводов светодиодов.

Лайфхак заключается в том, что светодиод нужно установить так, чтобы выводы светодиодов расположились перпендикулярно имеющимся пазам. После этого следует вдавить светодиод в отверстие объектива до состояния, когда выводы светодиода лягут на поверхность торца объектива (Рисунок 4).

В 90% случаев мы получим хорошую фокусировку. Вы можете проверить этот совет на любом светодиоде мощностью 1-3 Вт, излучающему в видимой части спектра.

Сборка фотоприемника – более трудоемкая и кропотливая работа, требующая вспомогательного оборудования. Отверстие в объективе имеет диаметр 8 мм, а фототранзистор имеет наружный диаметр 5 мм.

Поэтому надо самостоятельно изготовить втулку с наружным диаметром 8 мм и внутренним 5 мм. Длина втулки 3 мм. Изготовленную втулку нужно жестко зафиксировать в



**Рисунок 4.** Установка светодиода в объектив излучателя.

отверстии объектива заподлицо с плоскостью, например, с помощью клея.

Поскольку моментальный клей имеет очень высокую текучесть, надо соблюдать максимальную осторожность при вклеивании втулки, чтобы избежать попадания клея или его паров на линзу объектива. В основном это относится к 10-мм объективам, так как 20-мм объективы имеют отделяемое доньшко.

Мы описываем все так подробно потому, что в процессе экспериментов нами были изготовлены два десятка фотоприемников с разными сенсорами, а первые опыты были весьма трудоемкими и неудачными.

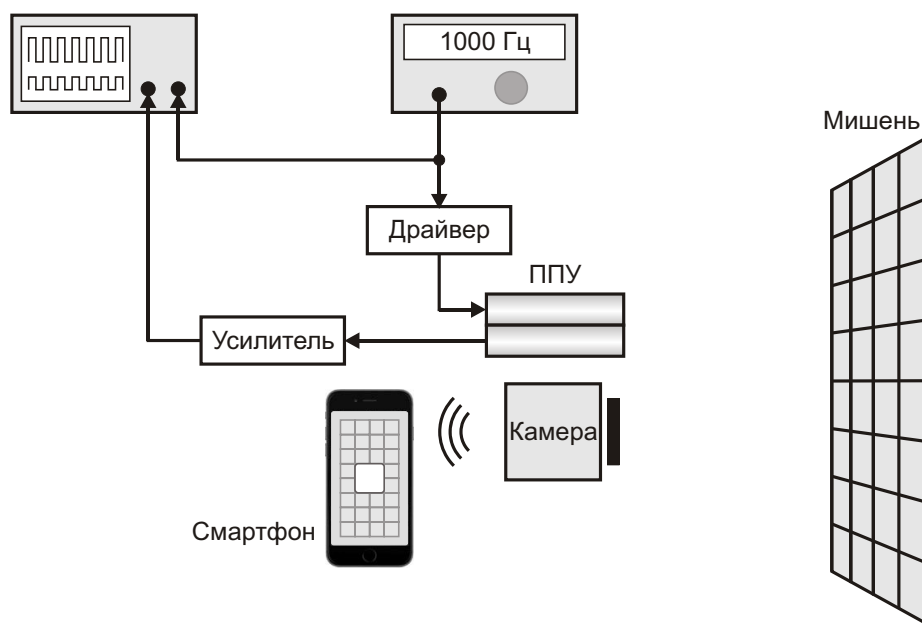
После того как втулка фотоприемника будет надежно закреплена, нужно вставить в нее фототранзистор и убедиться, что он может с небольшим усилием перемещаться в ней. Сразу плотно вставлять фототранзистор

не нужно! Таким образом, мы имеем все три узла приемопередатчика и можем приступить к настройке.

## Настройка Приемопередающего узла локатора

Необходимое оборудование для настройки (Рисунок 5):

- Генератор прямоугольных импульсов с частотой 1000 Гц и амплитудой не менее 5 В на нагрузке 1 кОм.
- Драйвер светодиода с регулируемым током 0-2 А.
- Предварительный усилитель. Это может быть как усилитель, который будет использоваться в дальнейшем, так и просто эмиттерный повторитель с сопротивлением нагрузки 10 кОм.
- Осциллограф с чувствительностью не менее 1 мВ/дел.
- Специальная мишень, представляющая собой лист 40 см × 60 см из упаковочного картона, оргалита или другого аналогичного материала, обладающего поверхностью с диффузным отражением. На мишень надо нанести сетку с шагом 100 мм черным маркером с толщиной линии около 3 мм. Расстояние между мишенью и Приемопередатчиком в процессе настройки должно оставаться постоянным и равным трем метрам.



**Рисунок 5.** Блок-схема оборудования для настройки Приемопередающего узла.

- Видеокамера наблюдения, имеющая ночной режим и WiFi-интерфейс со смартфоном, например, IP камера Xiaomi MI Small Square Smart Camera. Собственную ИК-подсветку камеры нужно отключить, или заклеить ИК-диоды подсветки несколькими слоями плотной изолянт. Фотодатчик «день/ночь» также следует затемнить. Видеокамеру удобно запитать от повербанка большой емкости, чтобы в процессе работы не мешали провода питания.

**Важно!** Приемопередатчик в процессе настройки должен быть неподвижен и обеспечивать легкий доступ к объективам со стороны электронных компонентов. Например, нами использовался деревянный брус, закрепленный струбциной к поверхности стола, к которому при помощи скотча крепился Приемопередатчик. Такая фиксация позво-

ляет в любой момент сделать перерыв в процессе настройки для приема кофе (или пива), а также облегчить душу парой-тройкой выражений из области ненормативной лексики.

Настройку желательно проводить при рассеянном дневном свете при выключенных источниках искусственного освещения, выключенном телевизоре и других возможных источниках оптических и электрических помех. Питание предусилителя и драйвера желательно производить от отдельных автономных источников, например от аккумуляторов 18650.

Процесс настройки состоит из нескольких этапов. [РЛ](#)

### Литература:

1. Можаров Г. Геометрическая оптика. СПб. издательство «Лань». 2017г.

*Продолжение в следующем номере*

# Детектор полярности и градиента амплитуды аналогового сигнала



Михаил Шустов, г. Томск

Приведена схема детектора, позволяющего индицировать полярность и градиент амплитуды входного аналогового сигнала

Градиентные реле [1–3] и градиентные детекторы [4–6] представляют собой класс устройств, позволяющих путем контроля электрических величин реагировать на мгновенное изменение их уровня. Работа таких устройств основана на оперативном контроле скорости изменения уровня электрического сигнала  $dU/dt$  и последующем срабаты-

нии исполнительного устройства или оповещении о критически значимом событии.

Градиентные реле и градиентные детекторы могут быть использованы в системах быстродействующего автоматического контроля и регулирования работы технических устройств самого разнообразного назначения.

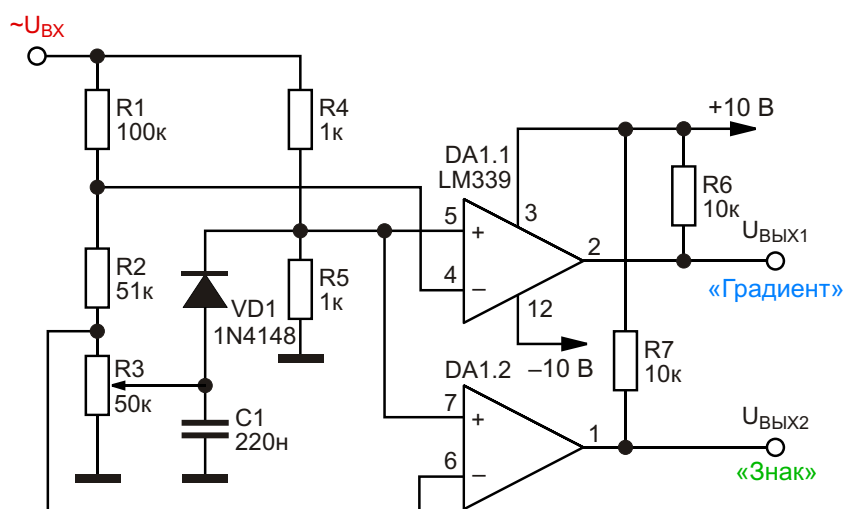
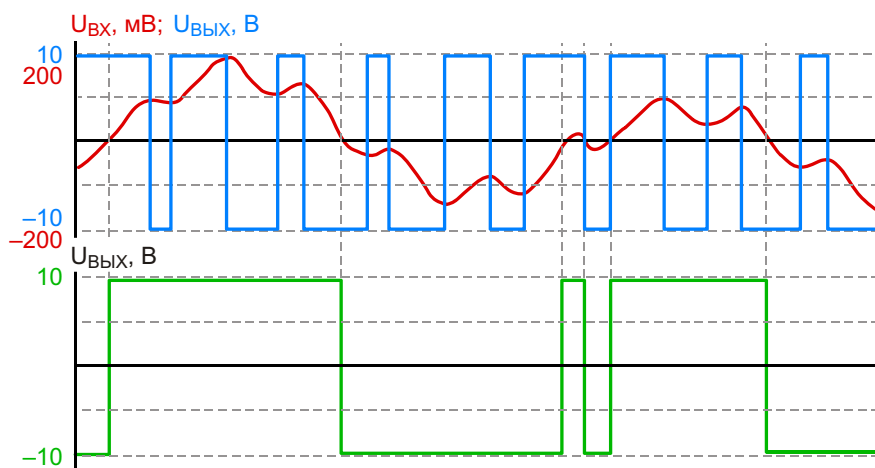


Рисунок 1. Электрическая схема детектора полярности и градиента амплитуды аналогового сигнала.



**Рисунок 2.** Переходные процессы на входе и выходах детектора полярности и градиента амплитуды аналогового сигнала.

Устройство, выполненное на операционном усилителе DA1 LM339 и приведенное на Рисунке 1, сочетает в себе функции детектора полярности и градиента амплитуды входного аналогового сигнала. Резистивный делитель уровня входного сигнала R1–R5 в сочетании с конденсатором C1 представляет собой мостовую схему сравнения и, одновременно, RC-элемент задержки сигнала. На операционном усилителе DA1.1 выполнен собственно градиентный детектор, на усилителе DA1.2 – детектор полярности входного сигнала. Стандартные выходные каскады индикации или иной, например, релейной нагрузки, не показаны.

При работе градиентного детектора происходит непрерывное сравнение уровня текущего входного сигнала и уровня сигнала, задержанного во времени. Время задержки задается потенциометром R3 и емкостью конденсатора C1. При приращении уровня входного сигнала ( $+dU/dt$ ) сигнал на выходе микросхемы DA1.1 имеет знак «плюс» и, при его снижении ( $-dU/dt$ ), знак «минус», соответственно (Рисунок 2).

Смену полярности входного сигнала отслеживает микросхема DA1.2, изменяя полярность сигнала на своем выходе в соот-

ветствии с полярностью входного сигнала (Рисунок 2). **ПЛ**

## Литература

1. Шустов М.А. Градиентное реле // Радиолобитель. – 2000. – № 10. – С. 28–29.
2. Шустов М.А. Практическая схемотехника. 450 полезных схем. – М.: Altex-A, 2001. – Кн. 1. – 352 с. (I изд.); 2003 (II изд.); М.: Додэка-XXI–Altex, 2007. – 360 с. (II изд.).
3. Shustov M.A., Shustov A.M. Electronic Circuits for All. – London: Elektor International Media BV, 2017. – 397 p.; Elektronika za sve: Priručnik praktične elektronike. – Niš: Agencija EHO, 2018. – 392 St.
4. Шустов М.А. [Fast Forward Forum от журнала «Elektor» на 27-й Международной выставке Electronica 2016, München.](#)
5. Shustov M.A., Shustov A.M. Gradient Detector a new device for the monitoring and control of the signal deviations // Elektor Electronica Fast Forward Start-Up Guide 2016–2017. – 2017. – P. 44–47.
6. Шустов М.А., Шустов А.М. Градиентный детектор – устройство для контроля отклонения сигнала от нормы // Радиолобитель. – 2018. – № 5. – С. 16–17.

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM339-N](#)

# Регуляторы ширины 0...100% импульсов внешнего генератора



Михаил Шустов, г. Томск

Приведены схемы несложных устройств, позволяющих регулировать ширину сигналов, снимаемых с внешних генераторов импульсов, в пределах от 0 до 100%

Регуляторы ширины цифровых сигналов чаще всего используют в цепях управления работой преобразовательной техники, различного рода регуляторах, в усилителях D-класса и т.д.

Классические регуляторы ширины сигналов, синтезируемых генераторами импульсов, достаточно хорошо известны и изучены. Известны и их недостатки, связанные с тем, что одновременно с изменением коэффи-

ента заполнения импульса  $D$  изменяется и частота генерации. Казалось бы, что более предпочтительно менять в заданных пределах ширину уже сформированного импульсного сигнала от внешнего генератора. Однако при анализе доступных источников патентно-технической информации найти таковые устройства не удалось. Расширители/сжиматели импульсов не решали поставленную задачу.

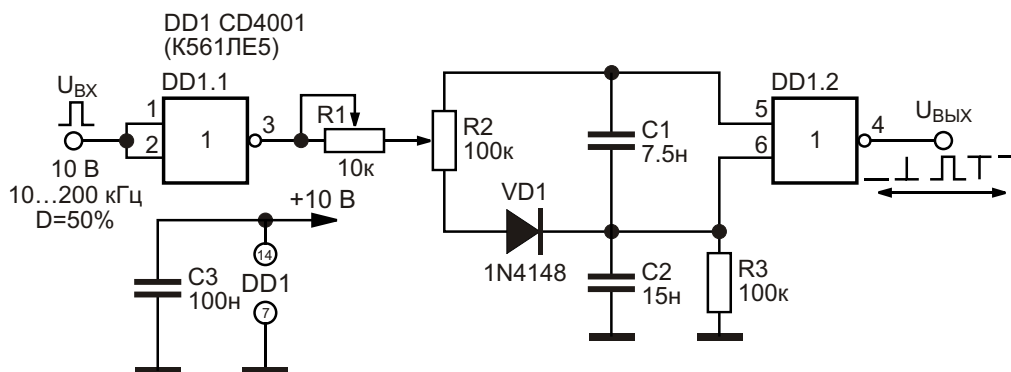


Рисунок 1. Регулятор ширины 0...100% импульсов внешнего генератора на КМОП-микросхемах.

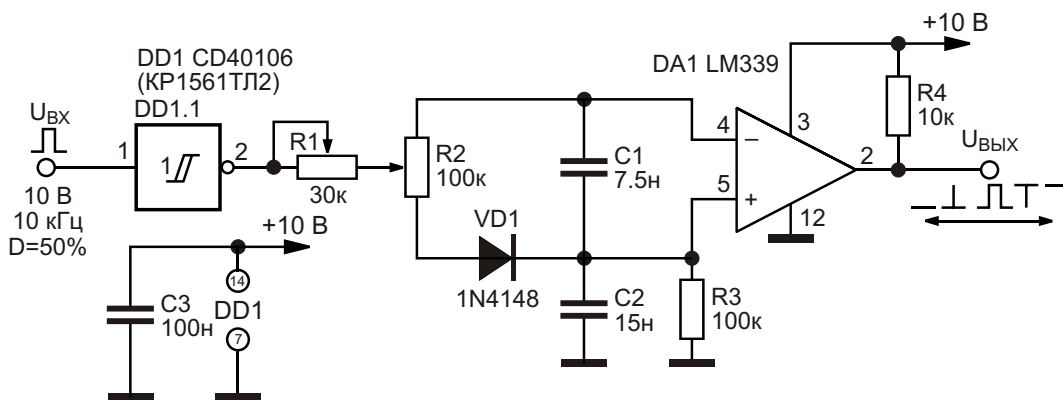


Рисунок 2. Регулятор ширины импульсов на операционном усилителе LM339.

На представленных ниже Рисунках 1–4 показаны варианты управления шириной выходного сигнала в пределах от 0 до 100%. Для полноценной реализации идеи управления желательно, чтобы скважность входного сигнала была близка к 2, хотя некоторые из схем допускают возможность сохранения работоспособности устройств при существенном отклонении от выдвинутого условия. Вторая особенность схем управления – они могут работать в ограниченном диапазоне частот входного сигнала.

На Рисунке 1 приведен вариант схемы плавного регулирования ширины 0...100% импульсов, снимаемых с внешнего генератора. Работа устройства основана на динамическом сравнении уровней напряжения на обкладках конденсатора C1 при периодических зарядно-разрядных процессах. Элемент DD1.1 не является обязательным и предназначен лишь для обеспечения стабильности амплитуды импульсов на его

выходе. Устройство работает в диапазоне частот 10...200 кГц при коэффициенте заполнения входных импульсов 50%. Особенностью схем регуляторов здесь и далее является то, что с ростом частоты равный диапазон регулировки ширины выходных импульсов от 0 до 100% достигается во все более узком диапазоне регулировки движка потенциометра (R2 – Рисунки 1, 2 или R3 – Рисунки 3, 4).

Второй вариант регулятора ширины импульсов (Рисунок 2) также основан на сравнении плавающих на обкладках конденсатора C1 напряжений.

Следующий вариант регулятора ширины импульсов (Рисунок 3) использует иную схему построения, хотя и его работа основана на периодических зарядно-разрядных процессах конденсатора C1 и сравнении уровней плавающих напряжении при помощи компаратора DA1 LM311. Для обеспечения крутых фронтов выходных импульсов пред-

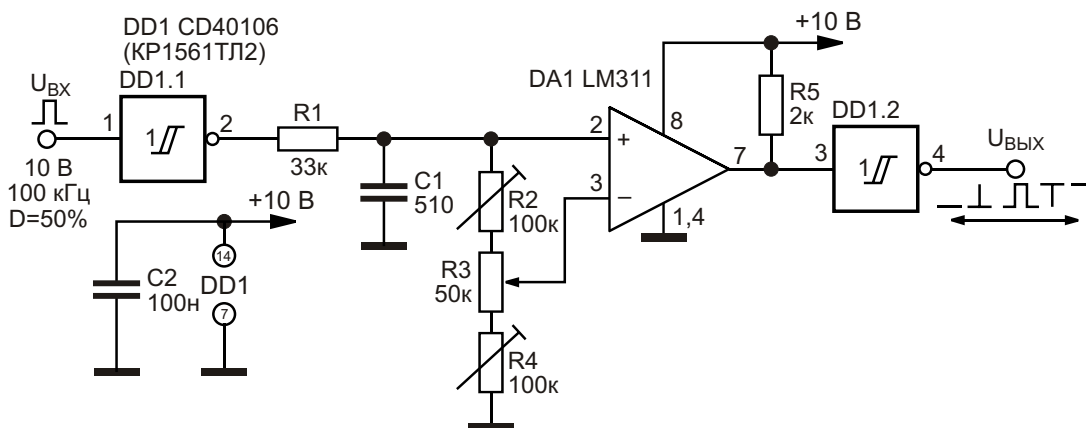
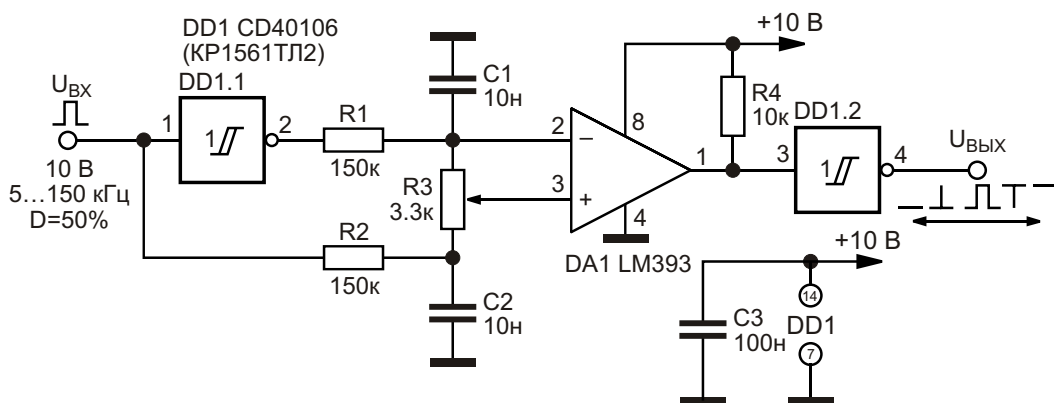


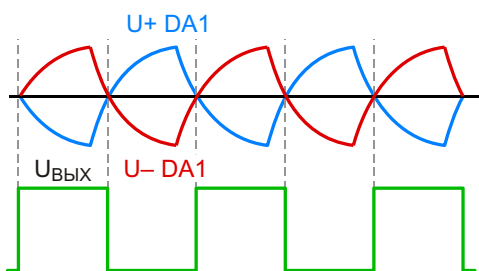
Рисунок 3. Регулятор ширины импульсов на компараторе LM311.



**Рисунок 4.** Балансный регулятор ширины импульсов на компараторе LM393.

назначен инвертор на элементе DD1.2 CD40106.

Завершает небольшую коллекцию регуляторов ширины сигналов, получаемых от внешних генераторов импульсов, балансный регу-



**Рисунок 5.** Динамика переходных процессов на входах и выходе балансного регулятора ширины импульсов на компараторе LM393.

лятор ширины импульсов, выполненный на компараторе LM393 (Рисунок 4). Устройство работает в диапазоне частот входных сигналов от 5 до 150 кГц. Динамика переходных процессов на входах и выходе балансного регулятора при нахождении движка регулятора (потенциометр R3) в его среднем положении показана на Рисунке 5, что соответствует коэффициенту заполнения импульсов выходного сигнала 50%. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4001B](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD40106B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments LM311](#)
4. [Datasheet Texas Instruments LM339-N](#)
5. [Datasheet Texas Instruments LM393](#)



# Простая схема формирования выходных сигналов ШИМ



Тюшкевич Л. М., Беларусь

Предлагается простая схема формирования выходных сигналов ШИМ. Схема может применяться в двухтактных схемах преобразования энергии для исключения сквозных токов силовых транзисторов. Достоинствами схемы является простота, гальваническая развязка выходных цепей с помощью оптронов, высокая помехозащищенность. Схема промоделирована

в программе Multisim. Результаты моделирования представлены ниже.

Схема для моделирования приведена на Рисунке 1.

Временная диаграмма работы приведена на Рисунке 2.

Немного видоизменив схему (установив на выходе инверторы или применив вместо

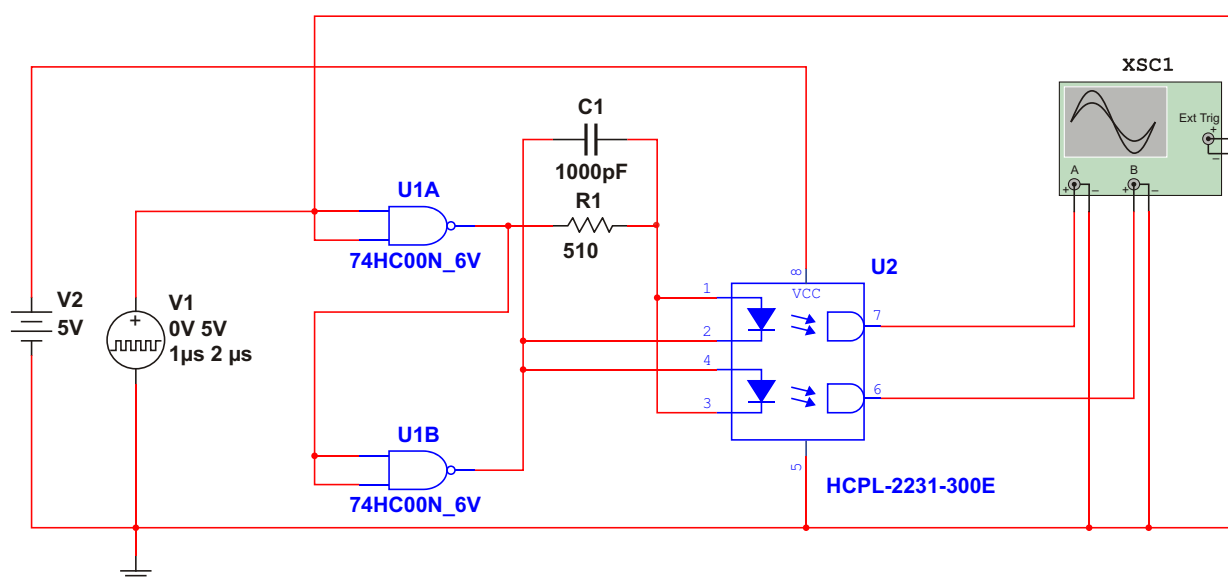
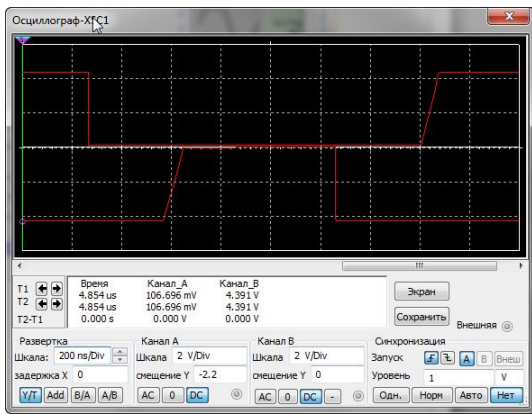


Рисунок 1. Схема формирователя для моделирования в программе Multisim.

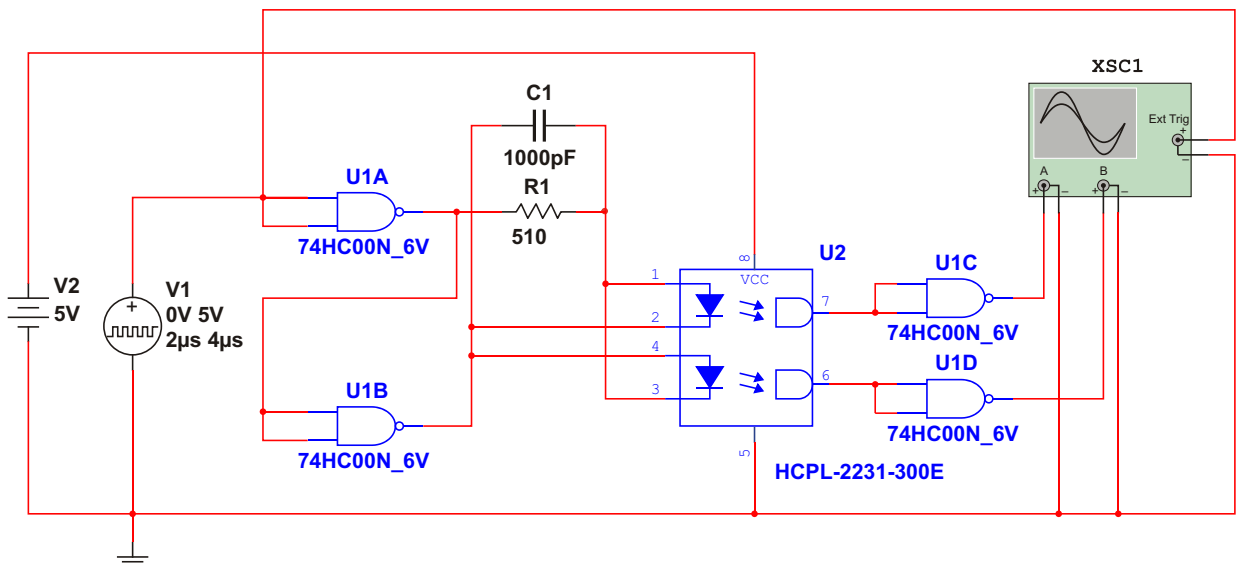


**Рисунок 2.** Временная диаграмма работы схемы Рисунок 1.

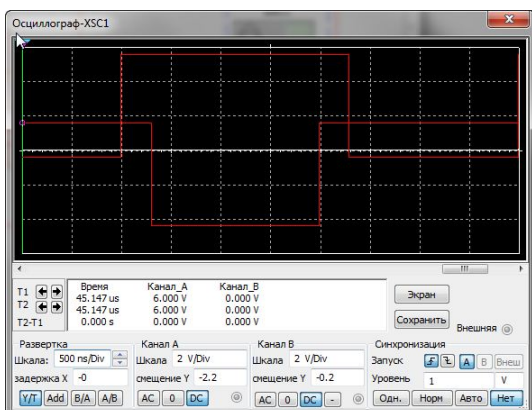
микросхемы HCPL-2231, например, микросхему TLP2108 с инверсными выходами), можно получить инверсные временные диаграммы. Схема приведена на Рисунок 3, а результаты моделирования – на Рисунок 4.

Автором была выполнена проверка на макетном образце схемы, приведенной на Рисунок 1. Результаты проверки показаны на Рисунок 5.

Величина задержки переключения оптронов составляет порядка 300 нс, что соответствует результатам моделирования (см. Рисунок 2).



**Рисунок 3.** Видоизмененная схема формирователя для моделирования в программе Multisim.



**Рисунок 4.** Временная диаграмма работы схемы Рисунок 3.

Величину задержки переключения оптронов HCPL-2231 можно примерно оценить и описать с помощью формул. Светодиоды оптронов обладают выраженными пороговыми свойствами. Для данной микросхемы порог переключения составляет 1.5 В. При переключении микросхемы 74HC00N (элементы U1A, U1B на Рисунок 1) конденсатор C1 перезаряжается до порога переключения второго оптрона. Полный размах напряжения переключения составляет 3 В. Пока идет перезаряд конденсатора C1, оба оптрона выключены. Это и есть время задержки переключения (предполагается, что время включения и выключения самих оптронов одина-

ково). Средний ток при перезаряде конденсатора можно принять равным

$$I = \frac{U}{R1},$$

где  $U$  – напряжение питания (5 В).

Время задержки можно определить по известной формуле:

$$T_z = C1 \frac{dU_c}{I} = C1 \frac{dU_c}{U} \frac{R1}{U},$$

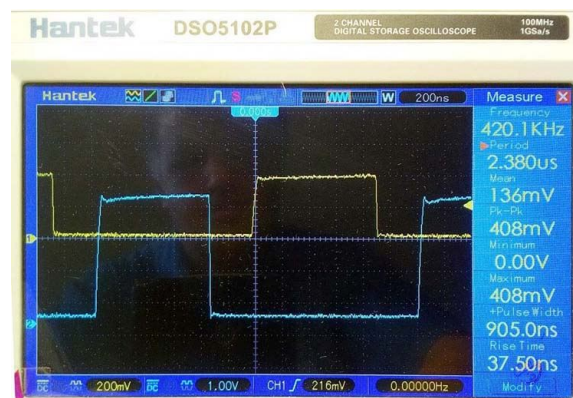
где  $dU_c$  – размах напряжения переключения ( $dU_c = 3$  В).

Применительно к нашей схеме (см. Рисунок 1)

$$T_z = 1000 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{3}{0.01} = 300 \text{ нс},$$

что соответствует экспериментальным результатам и данным моделирования.

В заключение хочется отметить, что в схеме можно применять непосредственно



**Рисунок 5.** Иллюстрация работы макетного образца схемы Рисунок 1.

микросхемы драйверов силовых транзисторов с оптронной развязкой и соответствующими временными задержками. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments SN74HC00N](#)
2. [Datasheet Avago HCPL-2231](#)
3. [Datasheet Toshiba TLP2108](#)

# Однополярное управление ТЕС в схеме стабилизации температуры

Stephen Woodward

EDN

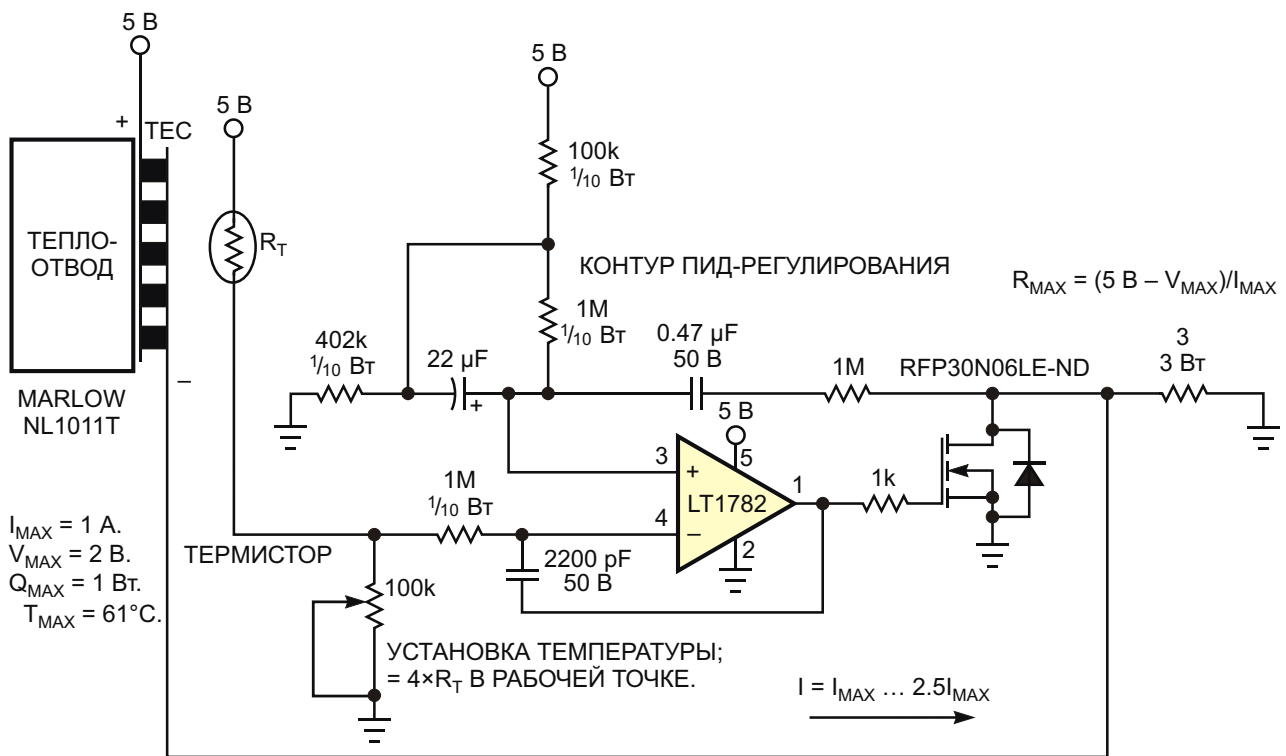
Большинство инженеров знают о твердотельных холодильниках, называемых устройствами Пельтье, или, чаще, ТЕС (Thermo-Electric Cooler – термоэлектрические охладители), и о том, как они могут активно охлаждать чувствительные к температуре электронные компоненты, такие как оптические детекторы и твердотельные лазеры. Также общеизвестно, хотя, возможно, и в меньшей степени, что ТЕС являются двунаправленными тепловыми насосами и поэтому могут как нагревать, так и охлаждать, в зависимости от направления управляющего тока. Поэтому ТЕС могут служить основой для точных микротермостатов, поддерживая заданную температуру при отклонениях температуры окружающей среды, которая может быть выше и ниже заданного значения.

Проблема в том, что создание двунаправленного драйвера ТЕС является неудобной конструкторской проблемой. Для этого требуются либо двойные биполярные источники питания, либо относительно сложные выходные схемы H-мостов, содержащие массивы силовых транзисторов, которые избирательно изменяют возбуждение ТЕС в зависимости от требуемого направления теплового потока. Но в случае, когда простота важнее, чем КПД, альтернативный метод дает преимущества. В этой схеме представлен новый

подход к двунаправленному управлению температурой, который позволяет избежать как неудобств, связанных с двумя источниками питания, так и сложности двунаправленного драйвера. Она работает, используя малоизвестную странность всех ТЕС: изменение направления теплового потока при нестандартно высоких уровнях тока возбуждения.



**Рисунок 1.** Этот график зависимости температуры от максимального тока показывает, что при больших рабочих токах ТЕС, управляемый однополярным драйвером, может обеспечивать как нагрев, так и охлаждение.



**Рисунок 2.** Для стабилизации температуры целевого устройства однополярный драйвер в этой схеме заключен в контур ПИД-регулирования.

Спецификации каждого ТЕС содержат  $I_{MAX}$  – ток управления, соответствующий максимальной полезной холодопроизводительности. График зависимости теплопередачи от относительного управляющего тока, приведенного к  $I_{MAX}$ , дает типичную параболическую кривую (Рисунок 1). Левая, серая половина графика показывает обычную область биполярной работы ТЕС, в которой ток возбуждения ограничен диапазоном  $-0.5 \times I_{MAX}$ . Правая половина показывает интересующую нас область, в которой при однополярном управлении током кривая демонстрирует такой же характер, как при биполярном управлении. Таким образом, работа ТЕС в этой второй рабочей области позволяет осуществлять двунаправленное регулирование температуры без сложного драйвера двунаправленного тока.

На Рисунок 2 показана реализация этой концепции в высокоэффективном контуре

ПИД-регулирования (ПИД-регулятор – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор). Количество компонентов составляет менее одной четверти от количества, необходимого для сопоставимой конструкции с биполярным управлением. Стабильность системы с обратной связью надежна, а время установления мало. Недостатком является то, что потребление тока на 150% выше, чем у обычного биполярного драйвера, что ограничивает этот метод приложениями, в которых, во-первых, энергопотребление и рассеивание тепла не являются основными приоритетами, а во-вторых, в схеме могут использоваться небольшие ТЕС. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Marlow NL1011T](#)
2. [Datasheet Linear Technology LT1782](#)
3. [Datasheet Fairchild RFP30N06LE-ND](#)

# Точное управление температурой с помощью выборок напряжения Зеебека

Stephen Woodward

EDN

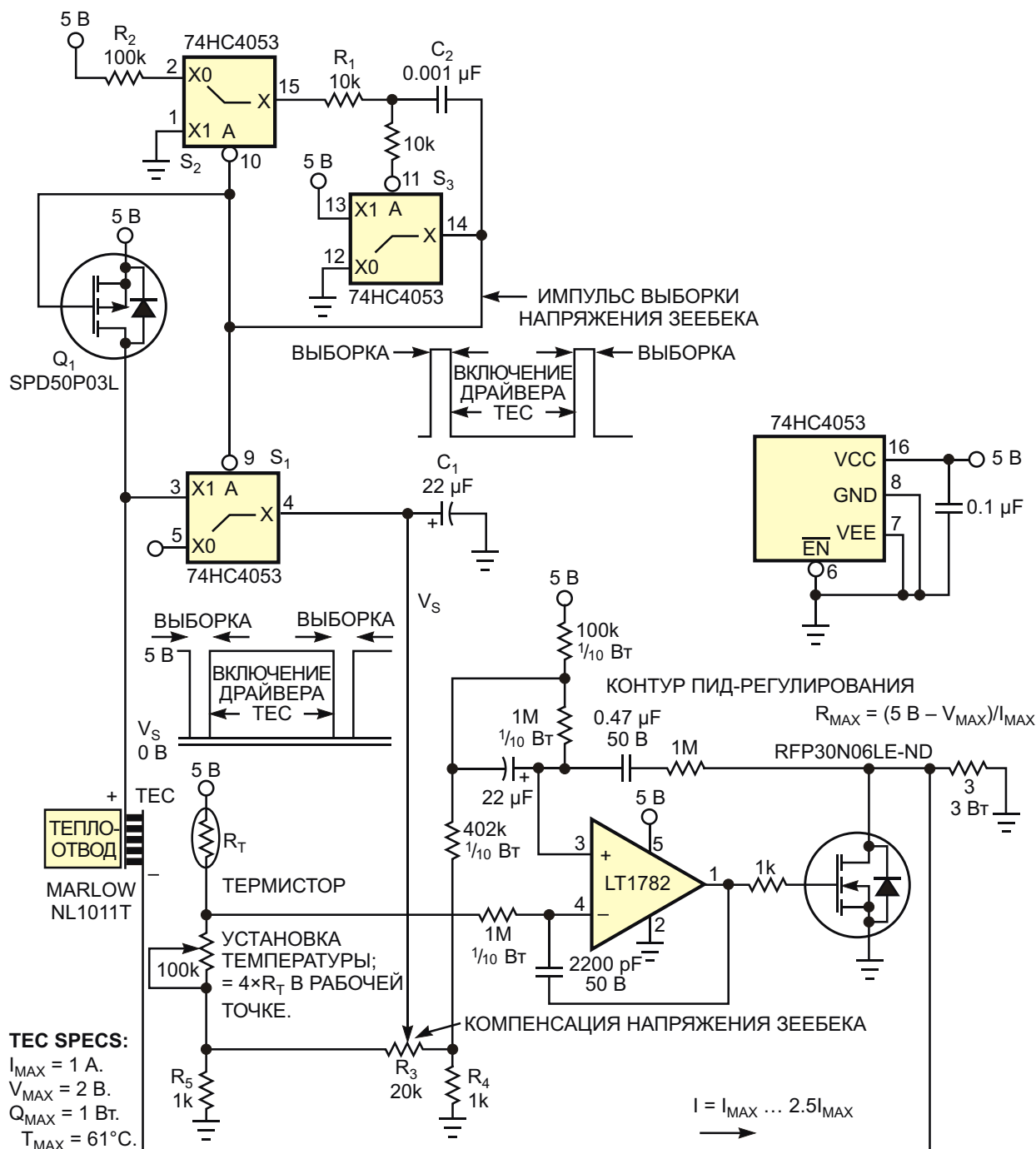
Системы терморегулирования на основе ТЕС (термоэлектрические охладители) часто имеют невысокую устойчивость. Причинами этого являются тепловые свойства системы, а не характеристики управляющей электроники. На реальные системы регулирования температуры влияют ненулевые тепловые сопротивления на путях теплопередачи между ТЕС, тепловая нагрузка, которая является объектом терморегулирования, датчик температуры – например, термистор, и температура окружающей среды.

Если соотношения этих сопротивлений не сбалансированы, то даже идеальный баланс с температурой датчика не означает адекватной стабильности температуры нагрузки. Схема на Рисунке 1 обеспечивает такую термоэлектрическую конструкцию, которая непосредственно измеряет тепловой поток, проходящий через ТЕС, а затем для лучшей оценки и устранения влияния тепловых сопротивлений использует дополнительное измерение. Работа схемы основана на том факте, что общее напряжение, которое вырабатывает каждый ТЕС, представляет собой сумму двух компонентов: омического компонента, пропорционального управляющему току, и напряжения Зеебека  $V_S$ , пропорцио-

нального разности температур между поверхностями ТЕС и, следовательно, пропорционального тепловому потоку.

В этой схеме ток возбуждения переключается в ноль приблизительно каждые 100 мкс, что определяется асимметричной формой импульса выборки, который генерирует мультивибратор  $S_2/S_3$ . Каждый импульс выборки выключает транзистор  $Q_1$ , который изолирует напряжение Зеебека и разрешает его выборку через ключ  $S_1$  и хранение на конденсаторе  $C_1$ . Коэффициент заполнения импульсов выборки, задаваемый отношением сопротивлений резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , составляет менее 10%, что позволяет избежать значительного снижения эффективности работы драйвера ТЕС.

Чтобы обеспечить наилучшую устойчивость, полученный сигнал Зеебека подается на схему регулируемого моста  $R_3/R_4/R_5$ , которая эмпирически определяет коэффициент обратной связи для полярности и амплитуды. При правильной регулировке моста подавление отклонения можно сделать практически идеальным в широком диапазоне температур окружающей среды. Показанная на Рисунке 1 схема управления ТЕС является производной от предыдущего проекта, поскольку облегчает реализацию выборки напряжения Зеебека



**Рисунок 1.** Для обеспечения устойчивого управления температурой с реальными радиаторами и термопарами эта схема периодически выключает ток возбуждения термоэлектрического охладителя, чтобы измерить напряжение Зеебека и сохранить его в накопительном конденсаторе.

(см. предыдущую статью в этом выпуске журнала). Однако вы можете адаптировать схему выборки напряжения Зеебека практически к любой топологии драйвера ТЕС. Вы можете дополнительно улучшить схему на Рисунке 1, используя для моста R3/R4/R5 энергонезависимые программируемые резисторы и автоматически оптимизируя подавление отклонения. Одним из привлекательных вариантов

является семейство монолитных резисторов Rejutor компании Microbridge Technologies. [РЛ](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Marlow NL1011T](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD74HC4053](#)
3. [Datasheet Linear Technology LT1782](#)
4. [Datasheet Fairchild RFP30N06LE-ND](#)
5. [Datasheet Infineon SPD50P03L](#)

# Недорогой генератор гармонических колебаний со стабильной амплитудой и низкими искажениями

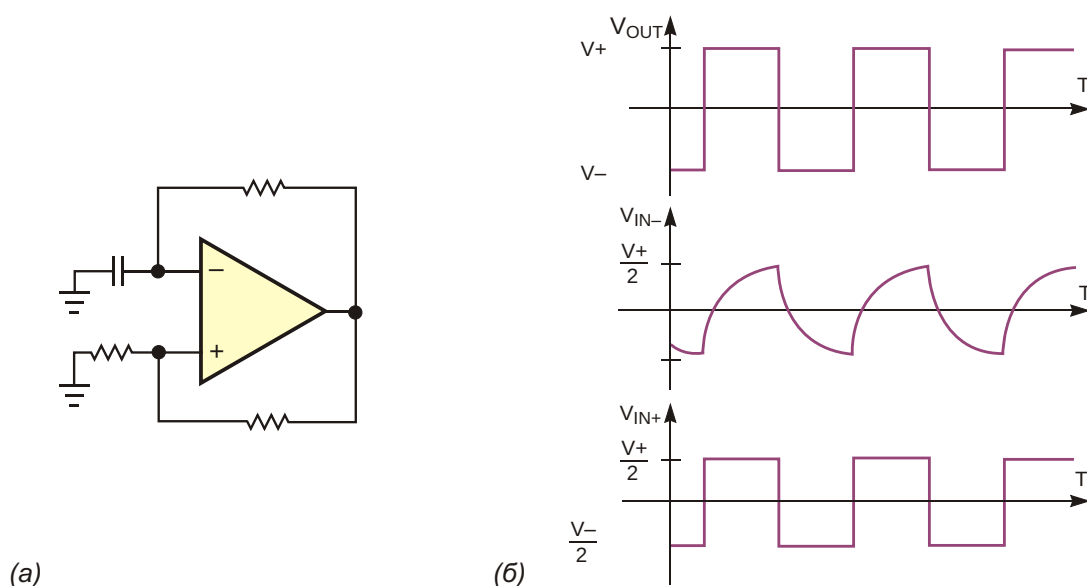
Moshe Gerstanhaber

EDN

**М**ультивибратор является распространенной схемой, состоящей из усилителя с положительной и отрицательной обратной связью (Рисунок 1а). При положительном напряжении на выходе потенциал неинвертирующего входа равен  $\frac{1}{2}V+$ , а потенциал инвертирующего входа увеличивается, стремясь к  $V+$ . Когда это напряжение превысит  $\frac{1}{2}V+$ , выходное напряжение быстро изменится до  $V-$ . Напряжение на неинвертирующем входе становится равным  $\frac{1}{2}V-$ , а на инверти-

рующем входе начинает уменьшаться, стремясь к  $V-$ . Когда напряжение на неинвертирующем входе опустится ниже  $\frac{1}{2}V-$ , процесс начнет повторяться (Рисунок 1б).

Для того, чтобы мультивибратор работал, полоса пропускания усилителя должна в 10 раз превышать полосу пропускания пассивной цепи, определяемую ее постоянной времени, поэтому выбирать усилитель надо, исходя из его скорости нарастания. Выходной сигнал имеет форму меандра.



**Рисунок 1.** Обычный мультивибратор имеет положительную и отрицательную обратную связь (а). Когда  $V_{OUT}$  положительно,  $V_{IN-}$  увеличивается, стремясь к  $V+$ . Когда  $V_{IN-}$  превысит  $V+/2$ , напряжение  $V_{OUT}$  начинает уменьшаться, стремясь к  $V-$  (б).



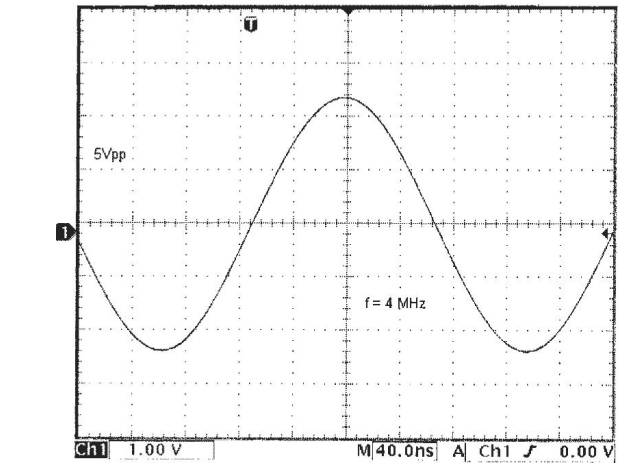
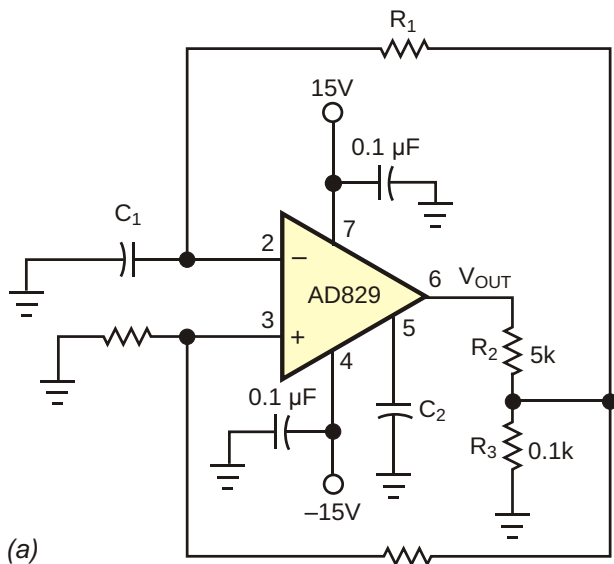


Рисунок 2. Стабильный генератор (а) имеет низкие искажения (б).

На Рисунке 2а показана схема генератора синусоидальных колебаний. Цепь внешней коррекции, подключенная к выводу 5, обеспечивает равенство полосы единичного усиления усилителя и полосы пропускания пассивной цепи.

Анализ петлевого усиления дает следующее выражение для передаточной функции:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1}{100} \frac{2 f R_1 C_1 j}{f \frac{1}{g_m} C_2 j (1 + 2 f R_1 C_1 j)}$$

Для выполнения условий, необходимых для поддержания колебаний, то есть, чтобы петлевое усиление равнялось единице, а сдвиг фаз равнялся нулю, следует выбрать

$$\frac{1}{g_m} C_2 = \frac{1}{100 f}$$

и

$$R_1 C_1 = \frac{1}{2 f}$$

Обратная крутизна  $1/g_m$  входного каскада равна 52 Ом. Схема обеспечивает хорошую стабильность амплитуды, поскольку  $1/g_m$  всегда увеличивается с увеличением амплитуды, снижая усиление в контуре. Амплитуда устанавливается соотношением сопротивлений делителя  $R_2/R_3$ .

На Рисунке 2б изображена осциллограмма выходного сигнала генератора, работающего на частоте 4 МГц с амплитудой 5 В пик-пик. Для лучшей стабильности частоты конденсатор  $C_2$  можно заменить кварцевым резонатором требуемого номинала, зашунтированным конденсатором небольшой емкости. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD829](#)

# Источник тока для трехпроводных резистивных датчиков температуры

John Wynn

EDN

В приложениях, где требуется дистанционное измерение с помощью трехпроводного резистивного датчика температуры (RTD), важно устранить омические составляющие ошибок, вызванные током возбуждения, про-

текающим через сопротивления проводов. Иногда RTD размещают на расстоянии более 1000 футов от АЦП при сопротивлении подводящих проводов в десятки Ом. Обычно для устранения омических ошибок используются

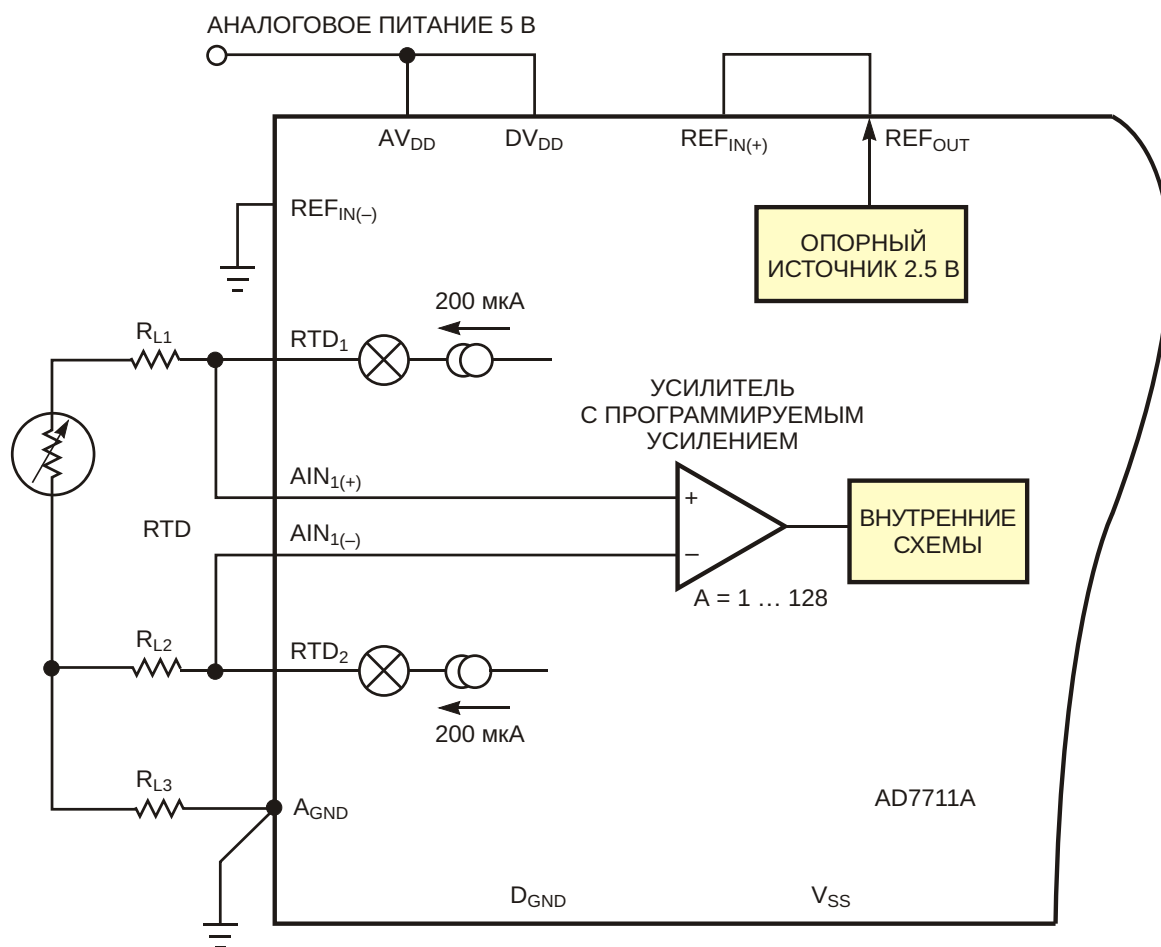
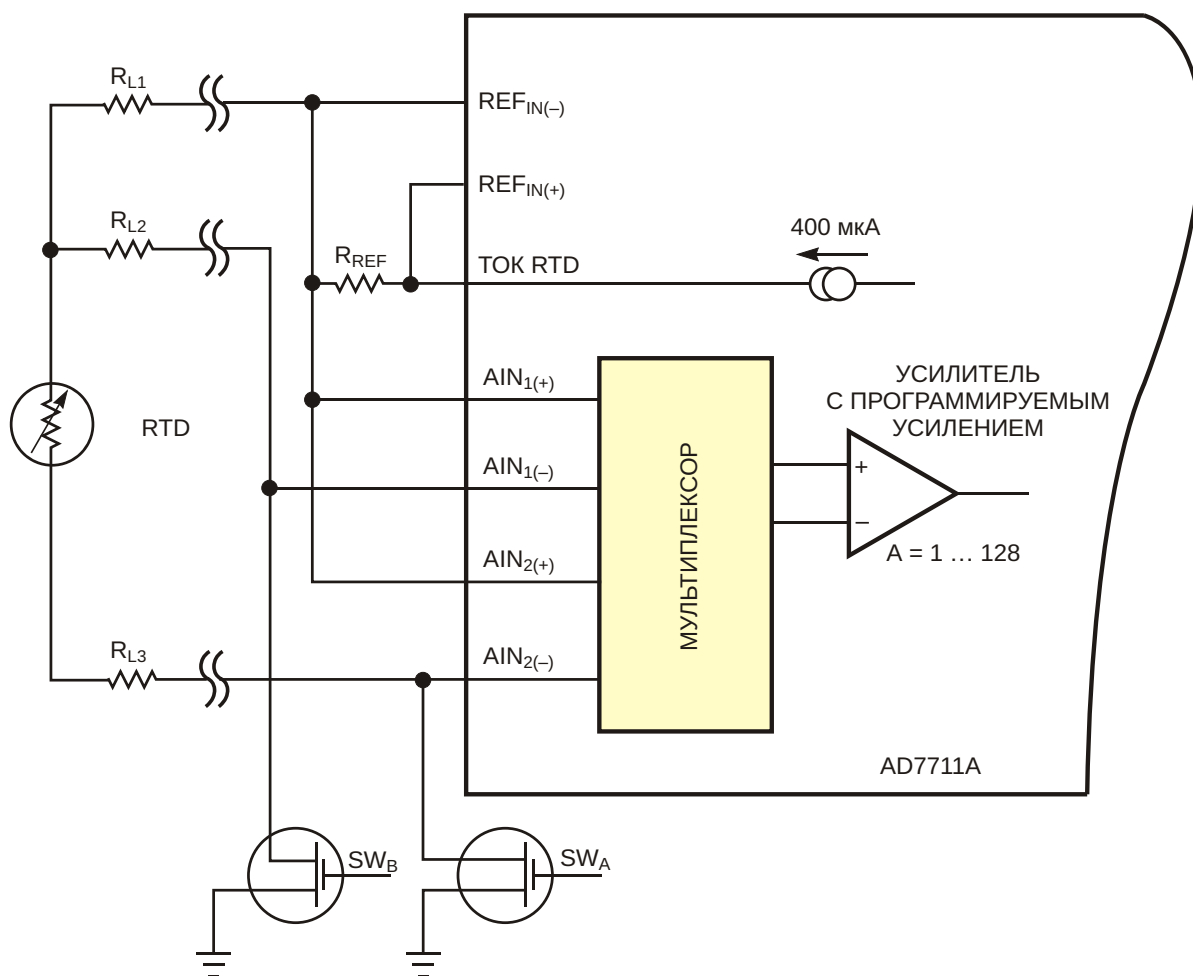


Рисунок 1. Два источника тока превращают падения напряжения на проводах в синфазный сигнал.



**Рисунок 2.** Один источник тока и программное вычитание исключают ошибку, обусловленную падением напряжения на проводах.

два идентичных источника тока, преобразующих падение напряжения на проводах в синфазный сигнал, который подавляется дифференциальным входом АЦП. Этот метод основан на небезосновательном предположении о том, что сопротивления проводов трехпроводного RTD одинаковы. На Рисунке 1 показана типичная схема, основанная на таком допущении. Предполагается, что два источника тока идентичны и согласованно отслеживают изменения температуры и напряжения питания. Однако определенный уровень рассогласования все-таки существует. В приложениях, в которых первостепенное значение имеет точность, может оказаться целесообразным использовать только один источник тока возбуждения RTD, чтобы избежать любого потенциального несоответствия между двумя источниками. Однако вариант с использованием единого источни-

ка тока для возбуждения трехпроводного RTD усложняет задачу компенсации падений напряжения, поскольку сигнал, представляющий падения на проводах, теперь не является синфазным.

Тем не менее, падения напряжения на проводах все-таки можно устранить с помощью двухканального АЦП и небольших дополнительных программных вычислений. Вы берете результаты двух преобразований, а программа вычитает ошибку, обусловленную сопротивлениями проводов. На Рисунке 2 сопротивления проводов представлены сосредоточенными элементами  $R_{L1}$ ,  $R_{L2}$  и  $R_{L3}$ . Предположим, что сопротивления проводов всех трех выводов одинаковы ( $R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} = R_L$ ). Фактически, необходимо только, чтобы были равны  $R_{L2}$  и  $R_{L3}$ , поскольку  $R_{L1}$  появляется в обоих уравнениях. RTD в этой схеме используется включенным «вверх ногами».

Два МОП-ключа  $SW_A$  и  $SW_B$  направляют ток возбуждения в соответствующий вывод RTD. Во избежание прерываний в прохождении тока рекомендуется выполнять коммутацию по схеме «сначала замыкание, затем размыкание». Исходно оба переключателя замкнуты. Измерения начинаются с размыкания  $SW_A$ , после чего AD7711A выполняет первое измерение. Измеренное напряжение, равное  $2I_1R_L$ , представляет общее падение напряжения на входном и выходном проводах. Затем  $SW_A$  закрывается, а  $SW_B$  открывается. АЦП выполняет измерение в Канале 2. Измерен-

ное напряжение равно  $2I_1R_L + V_{RTD}$ . Это напряжение представляет общее падение напряжения на входном и выходном проводах плюс полезный сигнал. Член  $V_{RTD}$  мы получаем путем вычитания результата первого измерения из второго. Источником тока возбуждения в схеме на Рисунке 2 служит внутренний 400-микроамперный источник микросхемы AD7711A. [РЛ](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD7711A](#)

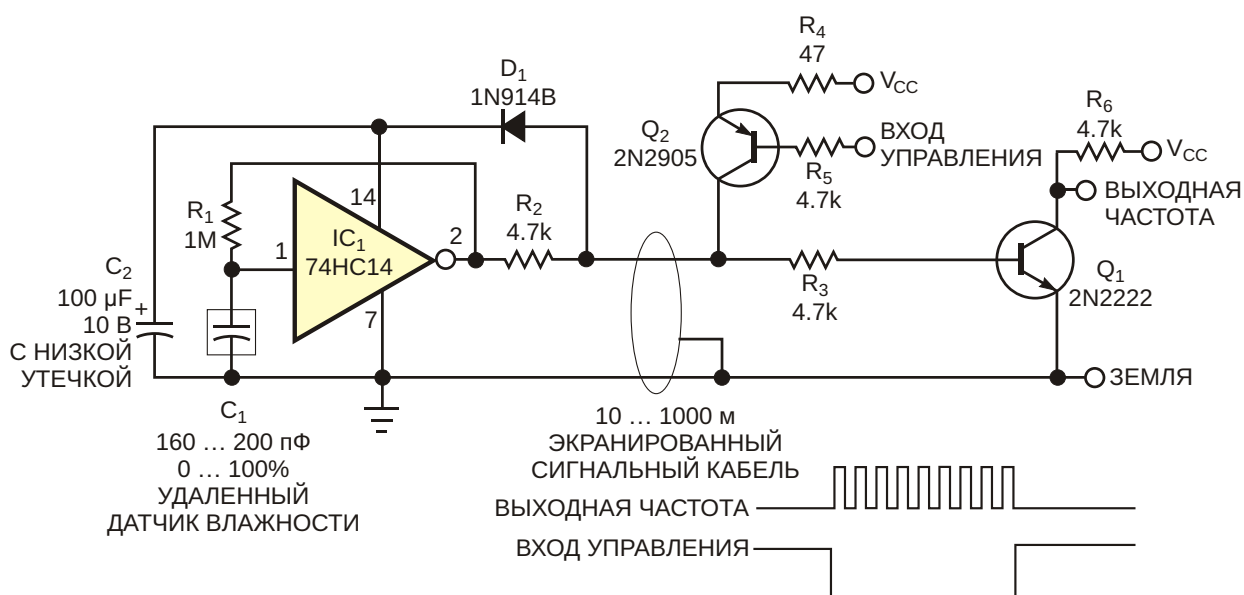
# Удаленному датчику влажности не нужна батарея

Shyam Tiwari

EDN

Использование источников переменного тока или батарей для питания удаленных датчиков влажности нежелательно, поскольку эти источники могут создавать проблемы, если вы устанавливаете их в недоступных местах, таких как дымоходы, холодильные камеры или темные комнаты, где техническое обслуживание затруднено и неудобно. На Рисунке 1 показан простой способ исключения источника питания из схемы датчика влажности. В схеме используется датчик влажност-

ти емкостного типа HS1101 емкостью от 160 до 200 пФ. На микросхеме IC<sub>1</sub> сделан классический генератор с частотой, определяемой постоянной времени R<sub>1</sub>C<sub>1</sub>. В зависимости от сопротивления R<sub>1</sub>, центральная частота находится в диапазоне от 5 до 10 кГц. Схема заряжает 100-микрофарадный конденсатор C<sub>2</sub> с низкой утечкой через диод D<sub>1</sub> непосредственно от выходной линии генератора датчика IC<sub>1</sub>. Таким образом, C<sub>2</sub> становится источником питания микросхемы IC<sub>1</sub>.



**Рисунок 1.** С помощью этой простой схемы можно избежать проблем, связанных с источниками питания для удаленных датчиков влажности.

Выполняя измерения, вы на короткое время останавливаете зарядку конденсатора  $C_2$  сигналом на ВХОДЕ УПРАВЛЕНИЯ (0 В для зарядки,  $V_{CC}$  или плавающее состояние для измерений). Затем вы измеряете частоту сигнала на выходе транзистора  $Q_1$ . Транзистор  $Q_2$  через резистор  $R_4$  обеспечивает конденсатор  $C_2$  током, достаточным для его зарядки. Емкость датчика HS1101 составляет примерно 160 пФ при относительной влажности 0% и 200 пФ при влажности 100%. Поэтому с увели-

чением относительной влажности частота уменьшается. Хотя в интервале температур от 1 °С до 25 °С отклик датчика линеен в пределах  $\pm 5\%$  от диапазона полной шкалы, необходимо выполнить калибровку схемы для нескольких значений влажности. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet TE Connectivity HS1101LF](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD74HC14](#)



# 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)



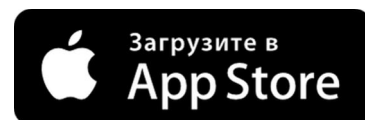
ANDROID »  
GOOGLE PLAY



<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.