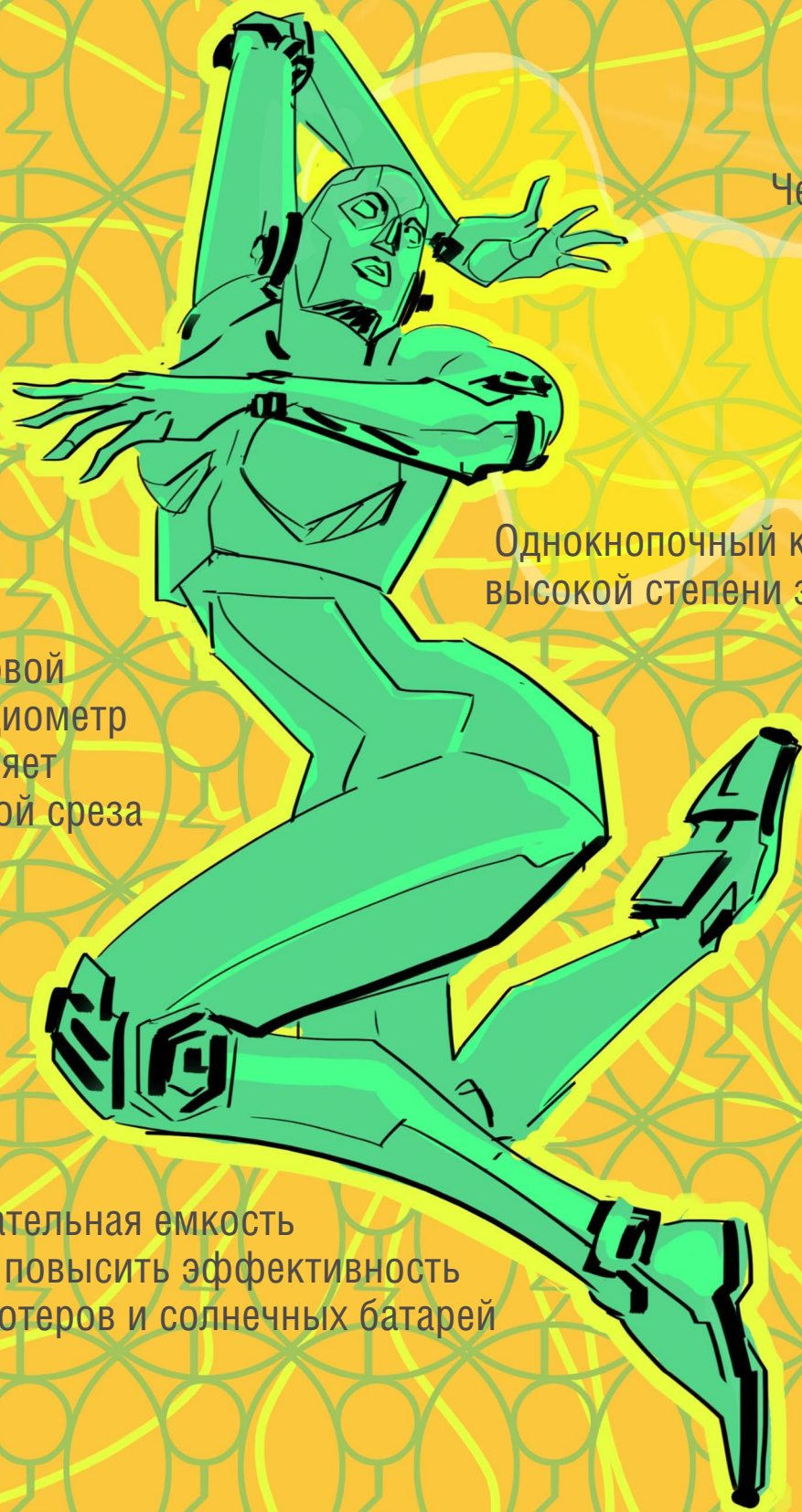




# РАДИОЛОЦМАН



Июль 2019 (98)



Чем отличаются друг от друга Raspberry Pi? **44**

Однокнопочный кодовый замок высокой степени защищенности **66**

**56** Цифровой потенциометр управляет частотой среза

**41** Отрицательная емкость может повысить эффективность компьютеров и солнечных батарей



## 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)

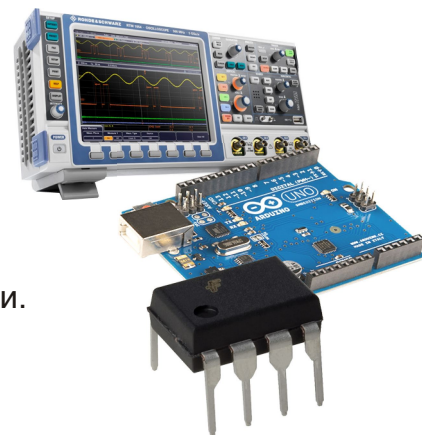


[twitter.com/rlocman](http://twitter.com/rlocman)

И еще многое другое на портале:

## РАДИОЛОЦМАН. ...

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



Главный редактор:

А. Николаев

Над номером  
работали:

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

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (903) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление  
бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

## Новости

- 4 Надежный автомобильный акселерометр STMicroelectronics повышает долговечность систем пассивного беспроводного доступа
- 4 Новый 80-вольтовый понижающий драйвер светодиодов компании Infineon обеспечивает отличные характеристики диммирования
- 5 Diodes анонсирует автомобильный линейный драйвер-контроллер светодиодов с низким падением напряжения и улучшенной регулировкой яркости
- 6 Новый широкополосный усилитель MACOM охватывает полосу частот от 30 кГц до 40 ГГц
- 7 Alps Alpine разработала датчик силы с высокой ударопрочностью
- 8 Vishay анонсировала миниатюрный датчик освещенности с запатентованной технологией оптического фильтра
- 9 Toget представляет компактные 600-миллиамперные синхронные понижающие DC/DC преобразователи XC9267/68
- 9 IDT начинает выпуск преобразователя сигналов двойных термпар для автомобильных выхлопных систем
- 10 Infineon предлагает новые AMR-датчики углового положения с лучшей в отрасли точностью при слабых магнитных полях
- 11 Renesas представляет семейство 15-мегагерцовых оптоизоляторов с лучшими в отрасли характеристиками
- 12 Diodes предлагает надежные и универсальные автомобильные понижающие драйверы светодиодов для внешних и внутренних световых приборов
- 13 Новые импульсные регуляторы Texas Instruments с самым низким в отрасли током потребления увеличат время автономной работы устройств Интернета вещей с батарейным питанием
- 15 Analog Devices готовится к производству вдвоенных 25-амперных микромодулей преобразователей с цифровым программированием
- 16 Сделайте больше в меньшем объеме: Texas Instruments предлагает крошечные усилители для сверхкомпактных конструкций
- 18 Vishay Intertechnology предлагает новый УФ светодиод в компактном керамическом корпусе для поверхностного монтажа
- 18 Комбинация MOSFET и IGBT в силовых модулях Infineon Easy 2B повысит КПД систем
- 19 Power Integrations анонсирует новые нитрид-галлиевые микросхемы AC/DC преобразователей семейства InnoSwitch3
- 20 Новая сборка TVS диодов корпорации Semtech обеспечит лучшую в отрасли защиту интерфейсов LVDS, Ethernet и USB 3.x
- 21 STMicroelectronics выпускает микросхему преобразователя VIPer26K с самым высоким в отрасли пробивным напряжением интегрированного MOSFET

## Статьи

- 24 Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии? Часть 3
- 29 ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ РОССИЯ. Перспективные решения PT Electronics и партнеров. Модули для беспроводных приложений компании Cinterion/GEMALTO
- 36 Мостовой измеритель относительной влажности на основе конденсатора с цифровым программированием
- 38 Как преобразовать интенсивность освещения в электрическую величину
- 41 Отрицательная емкость может повысить эффективность компьютеров и солнечных батарей
- 44 Чем отличаются друг от друга Raspberry Pi?

## Схемы

- 46 Кодовый замок на КМОП-элементах
- 48 Управление включением вентилятора для поддержания оптимальной температуры радиатора охлаждения. Часть 2
- 56 Цифровой потенциометр управляет частотой среза
- 58 Двухполупериодный выпрямитель с программируемым усилением
- 60 Источник дополнительного питания для DC/DC преобразователя
- 62 Схема разделения импульсов синхронизации VGA из простых компонентов
- 64 Энергонезависимый цифровой потенциометр управляет стробированием логического сигнала
- 66 Однокнопочный кодовый замок высокой степени защищенности

## Надежный автомобильный акселерометр STMicroelectronics повышает долговечность систем пассивного беспроводного доступа

STMicroelectronics выпустила автомобильный акселерометр AIS2DW12, который делает радиобрелоки систем пассивного беспроводного доступа (Passive Keyless Entry – PKE) достаточно надежными, чтобы выдержать неизбежные падения и царапины в течение всего срока службы. Кроме того, акселерометр, отличающийся сверхнизким энергопотреблением, к удобству и превосходной сопротивляемости кражам добавляет практичности благодаря возможности распознавания движения.

Ultra-low-power automotive accelerometer  
for robust and secure key fobs



Обычные радиобрелоки PKE непрерывно прослушивают эфир в ожидании запроса «разблокировки», исходящего от транспортного средства при прикосновении к нему. Затем они посылают команду, чтобы разблокировать автомобиль. Вору могут активировать брелок, находящийся за пределами зоны действия, – он может находиться на столе в доме владельца, – отправив команду разблокировки посредством передачи запроса через промежуточный передатчик, и, соответственно, получить доступ и угнать автомобиль.

## Новый 80-вольтый понижающий драйвер светодиодов компании Infineon обеспечивает отличные характеристики диммирования

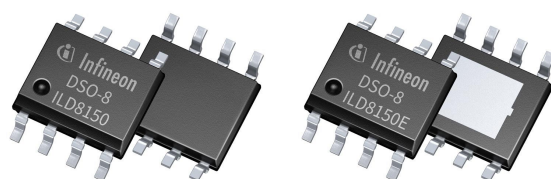
Infineon Technologies представила новые микросхемы драйверов светодиодов ILD8150/E. В устройствах реализован инновационный гибридный режим управления яркостью, позволяющий плавно снижать ток до 0.5% от начального значения. Диапазон

Брелоки, дополненные акселерометром, могут игнорировать злонамеренно ретранслируемые передачи, отключая приемник, когда он не движется и находится вне зоны действия. Радио включается только при обнаружении движения на небольшом расстоянии, когда владелец приближается к автомобилю. Кроме того, отключение приемника в периоды простоя помогает продлить срок службы батареи.

В отличие от некоторых других акселерометров, предназначенных для PKE, AIS2DW12 проходит жесткие промышленные испытания на удар. Это значит, что владельцы транспортных средств могут наслаждаться большей безопасностью, не заботясь о хрупком брелоке, а в качестве бонуса получают возможность дольше пользоваться батареями.

Использование специального внутреннего механизма эффективного обнаружения движения и ориентации снижает рабочий ток всего до 380 нА при частоте 1.6 Гц, что, по меньшей мере, вдвое превосходит альтернативные устройства и еще больше экономит энергию аккумулятора. AIS2DW12 работает от источника 1.8 В и может питаться от одного литиевого элемента, вырабатывая цифровой выходной сигнал с полной шкалой до 4 г.

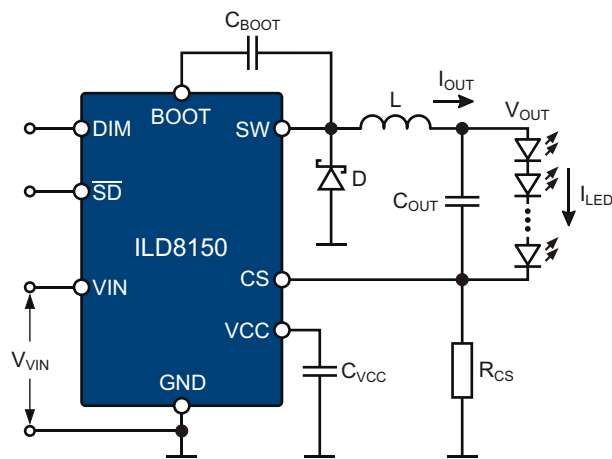
AIS2DW12 сертифицирован на соответствие стандарту AEC-Q100 и отвечает Уровню 3 требований PPAP (Процесс одобрения производства компонентов). Прибор выпускается в 12-контактном корпусе LGA размером 2 мм × 2 мм × 1 мм и в партиях из 1000 устройств продается по цене \$1.375 за штуку.



напряжений питания от 8 В до 80 В микросхемы драйвера обеспечивает большой коэффициент запаса для приложений, работающих вблизи пределов безопасного сверхнизкого напряжения (SELV). Микросхема драйвера идеально подходит для общего и профессионального светодиодного освещения с высокими требованиями к регулировке яркости.

ILD8150/E обеспечивает глубокое диммирование без мерцания и слышимых акустических шумов. Входной ШИМ-сигнал с частотой между 250 Гц и 20 кГц, управляя током светодиодов, обеспечивает регулировку яркости от 100% до 12.5% в режиме аналогового диммирования и от 12.5% до 0.5% в режиме гибридного диммирования с дополнительной амплитудной модуляцией на частоте 3.4 кГц. Вход цифрового ШИМ-диммирования с высоким разрешением и низкое энергопотребление в режиме останова делают подключение ILD8150/E к микроконтроллерам простым и удобным. Устройство также имеет функцию диммирования до выключения (Dim-to-off) и разгрузочный транзистор, позволяющий избежать свечения светодиода в этом режиме.

Используя мощный встроенный ключ верхнего плеча, новые драйверы ILD8150/E могут отдавать в нагрузку ток до 1.5 А. Этот ключ с низким сопротивлением открытого канала 290 мОм (ILD8150) обеспечивает высокую мощность при КПД более 95%. В устройство интегрированы функция плавного пуска для защиты подключенных схем от резких бросков тока и шунтирующий резистор для задания максимального выходного



Типовая схема включения ILD8150.

тока. Высокая точность установки выходного тока с разбросом между устройствами, не превышающим 3% при любых нагрузках и входных напряжениях, делает микросхему идеальной, например, для управления белыми светодиодами с настраиваемой цветовой температурой и плоскими панелями, где токи светодиодов должны быть одинаковыми. Кроме того, блокировка при пониженном напряжении и защита от перегрева прекрасно подходят для профессиональных решений в области светодиодного освещения.

## Доступность

Микросхемы драйверов светодиодов выпускаются в корпусах DSO-8, допускающих пайку волной припоя. Более высокими тепловыми характеристиками обладает микросхема версии ILD8150E в корпусе DSO-8 со вскрытой подложкой кристалла. Обе версии драйверов доступны для заказа.

## Diodes анонсирует автомобильный линейный драйвер-контроллер светодиодов с низким падением напряжения и улучшенной регулировкой яркости

Компания Diodes анонсировала линейный драйвер-контроллер светодиодов AL5814Q, отвечающий требованиям автомобильных стандартов, с низким падением напряжения и схемой обнаружения обрыва светодиодов для автомобильных светодиодных ламп с линейным управлением.

AL5814Q подходит для автомобильных приложений, требующих особого контроля изменений и соответствия требованиям стан-

дарты AEC-Q100 с предельной температурой эксплуатации класса 1, поддерживает PPAР (Процесс одобрения производства компонентов) и изготавливается на производственных линиях, сертифицированных в соответствии с IATF 16949:2016. Устройство работает от входных напряжений в диапазоне от 4.5 В до 60 В. Оно может отдавать выходной ток до 15 мА, управляя внешним MOSFET или биполярным транзистором для снижения

собственной рассеиваемой мощности. Способность управлять повышенными токами светодиодов или несколькими светодиодными цепочками позволяет использовать драйвер в приложениях, требующих достаточно большой интенсивности светового излучения, включая подсветку номерных знаков, задние огни, внутреннее освещение и приборные панели.

Вывод VSET микросхемы AL5814Q может использоваться для регулировки уровня обратной связи по выходному току в целях снижения падения напряжения на резисторе делителя, аналогового диммирования и тепловой защиты с прогрессирующим ограничением тока; последнее реализуется с использованием NTC термистора.

Поддерживается цифровая регулировка яркости ШИМ-сигналом, подаваемым на вход VFAULT. Предусмотрена защита от перегрева, а также блокировка при пониженном входном напряжении. Кроме того, поддержи-



вается обнаружение обрыва светодиодов с помощью вывода VFAULT, активируемого через вывод SFAULT.

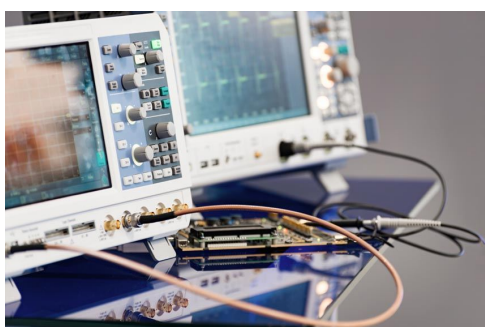
Точный источник опорного напряжения 0.4 В ( $\pm 5\%$  в полном диапазоне рабочих температур) обеспечивает высокую температурную стабильность и хорошее согласование световых потоков различных ламп.

Драйвер AL5814Q поставляется в корпусе MSOP-8EP со вскрытой подложкой кристалла.

## Новый широкополосный усилитель MACOM охватывает полосу частот от 30 кГц до 40 ГГц

- Полное 50-омное согласование входа и выхода с типовым значением возвратных потерь 13 дБ во всей полосе рабочих частот.
- Поддерживает работу в широкой полосе частот от 30 кГц до 40 ГГц с типовым усилением 15 дБ.

MACOM Technology Solutions (MACOM) анонсировала новый широкополосный усилитель с распределенными параметрами MAAM-011275-DIE.



Предлагаемый в виде бескорпусного кристалла, этот усилитель хорошо подходит для использования в контрольно-измерительном и коммуникационном оборудовании, работающем в диапазоне от частот менее 6 ГГц до миллиметровых волн. Усилитель MAAM-

011275-DIE поддерживает работу в широкой полосе частот от 30 кГц до 40 ГГц с типовым усилением 15 дБ. Вход и выход имеют полное 50-омное согласование с типовым значением возвратных потерь 13 дБ во всей полосе рабочих частот.

MAAM-011275-DIE дополняет портфель решений MACOM для широкополосных усилителей и может поставляться потребителям уже сегодня.

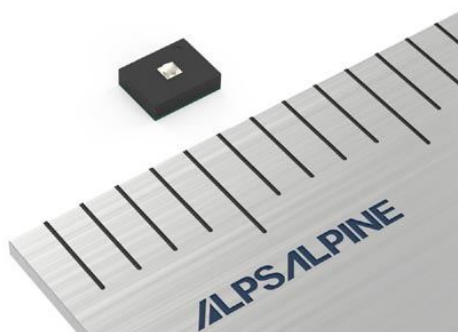
### Типовые характеристики MAAM-011275-DIE

Параметр	Ед.	Значение
Усиление	дБ	15
Неравномерность	дБ	$\pm 0.75$
P1dB	дБм	21
P3dB	дБм	24
OIP3	дБм	33
Напряжение питания	В	7
Ток потребления	мА	200

## Alps Alpine разработала датчик силы с высокой ударопрочностью

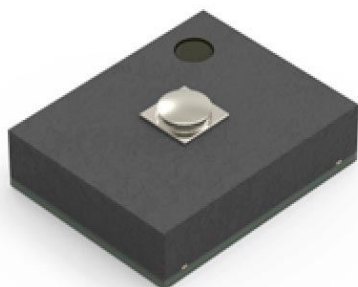
*Небольшие размеры, высокое разрешение и высокая линейность – идеальные характеристики для использования в стилусах*

Компания Alps Alpine пополнила линейку своих приборов датчиком силы HSFPAR004A. Датчик повышает стойкость к ударным нагрузкам и при наименьших размерах в отрасли обеспечивает высокую линейность и высокое разрешение, что делает его идеальным прибором для использования в стилусах и других устройствах ввода.

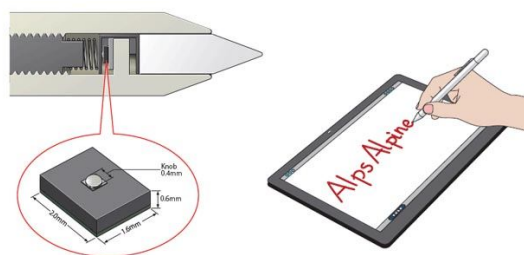


В наши дни электронные доски и планшеты используются, например, на школьных занятиях и собраниях акционеров. Поэтому спрос на устройства, имеющие форму авторучки (стилусы) и используемые, в основном, для творческой работы, включая цифровое рисование, постоянно растет. Сенсорные ручки, или стилусы, содержат датчики силы, которые отслеживают траекторию кончика ручки, а затем воспроизводят изображения различной толщины, соответствующие приложенному давлению. Для стилуса требуется датчик с высоким разрешением и линейностью, но одновременно он должен быть достаточно прочным, чтобы не сломаться при падении пера на пол.

HSFPAR004A соответствует этим требованиям, поддерживая характеристики уже



существующих продуктов в части высокой линейности (менее 2% от полной шкалы), высокого разрешения (обнаруживают микросилы менее 0.01 Н) и небольших размеров (2.00 мм × 1.60 мм × 0.66 мм), обеспечивая в тоже время повышенную ударопрочность до 55 Н. Ресурс датчика составляет 1,000,000 циклов. Прибор устойчив к внешним магнитным и электрическим полям. Помимо использования в устройствах ввода, датчик подходит для производственных установок, работающих с высокоточным оборудованием, а также для широкого спектра других приложений, особенно для точной регулировки силы захвата роботизированных манипуляторов.



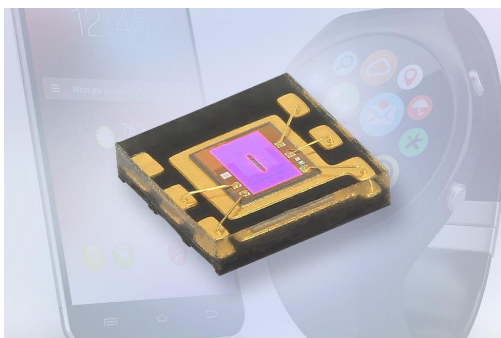
### Ключевые особенности датчика

- Высокая устойчивость к ударным нагрузкам, доказанная разрушающей нагрузкой 55 Н;
- Обнаруживает микросилы менее 0.01 Н;
- Большой срок службы, превышающий 1 млн циклов;
- Устойчивость к внешним магнитным и электрическим полям.

Повышенная ударопрочность датчика достигнута за счет увеличения диаметра исполнительного элемента чувствительной зоны с существующих 0.20 мм до новых 0.40 мм при сохранении закругленной наружной кромки для рассеивания ударов. В результате уменьшается риск поломки датчика в стилусах в случае случайного падения ручки, но по-прежнему гарантируется плавная передача нажима пера и сохраняется простота интеграции в конечные продукты. Массовое производство ведется с марта 2019 года.

## Vishay анонсировала миниатюрный датчик освещенности с запатентованной технологией оптического фильтра

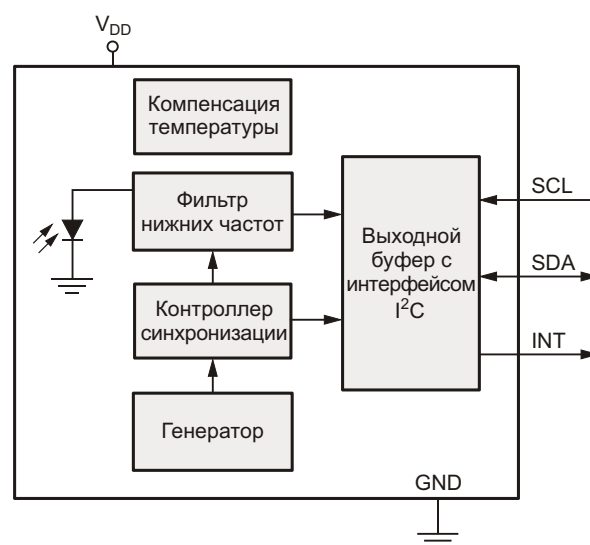
Vishay Semiconductors, оптоэлектронное подразделение компании Vishay Intertechnology, анонсировала новый датчик освещенности VEML6035 для компактных приложений, таких как умные часы и фитнес браслеты. В миниатюрном низкопрофильном прозрачном корпусе для поверхностного монтажа с размерами 2 мм × 2 мм × 0.4 мм содержатся высокочувствительный фотодиод, маломощный усилитель и 16-битный АЦП. Для снижения нагрузки на хост-контроллер в датчике VEML6035 используется функция активного прерывания, которая запускается при выходе уровня освещенности за пределы верхнего и нижнего порогов, установленных пользователем.



Управляемый простыми командами I<sup>2</sup>C, датчик VEML6035 будет использоваться для регулировки яркости и подсветки дисплеев в мобильных устройствах, таких как смартфоны и носимые устройства, а также в качестве оптического переключателя в широком спектре потребительских, вычислительных и промышленных приложений. Высота датчика 0.4 мм открывает множество новых возможностей для реализации управления дисплеем в конструкциях с ограниченным пространством.

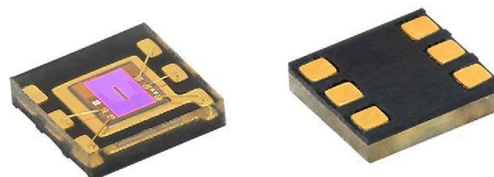
Запатентованная Vishay технология Filtron изготовления оптических фильтров, формируемых непосредственно на пластине, приближает спектральную чувствительность датчика к чувствительности человеческого глаза. Устройство обеспечивает высокую линейность при измерении освещенности в диапазоне от 0.04 лк до 6710 лк и разрешение до 0.0004 лк на один отсчет АЦП, что позволяет использовать его для приложений с низким коэффициентом про-

пускания линз. VEML6035 подавляет фликкер-шум на частотах 100 Гц и 120 Гц и имеет превосходную температурную компенсацию для поддержания стабильности параметров в условиях изменения температуры окружающей среды. Устройство рассеивает очень низкую мощность, потребляя всего 170 мкА в рабочем режиме и до 0.5 мкА в программируемом режиме отключения.



Функциональная схема датчика VEML6035.

Напряжение питания VEML6035 и шины I<sup>2</sup>C может находиться в диапазоне от 1.7 В до 3.6 В. Выпускаемые в 6-выводных бессвинцовых корпусах устройства не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green.



В настоящее время доступны для приобретения как единичные образцы, так и промышленные партии новых датчиков освещенности. Срок выполнения крупных заказов составляет 16 недель.



## Torex представляет компактные 600-миллиамперные синхронные понижающие DC/DC преобразователи XC9267/68

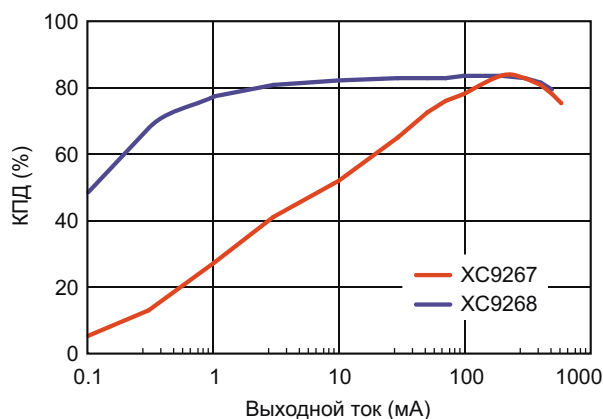
Компания Torex разработала синхронные понижающие DC/DC преобразователи XC9267/68 с р-канальным ключом верхнего плеча, обеспечивающие работу при низких напряжениях с коэффициентом заполнения ШИМ до 100%. Устройства могут работать от источника питания с напряжением 3.0...36 В, отдавая в нагрузку ток до 600 мА, что делает их идеальной заменой для неэффективных линейных регуляторов, используемых во многих промышленных приложениях.



Выпускаемые в ультраминиатюрном корпусе USP-6C с размерами всего 2.0 × 1.8 × 0.6 мм новые приборы позволяют создавать исключительно компактные схемы DC/DC преобразователей с минимальным количеством внешних компонентов.

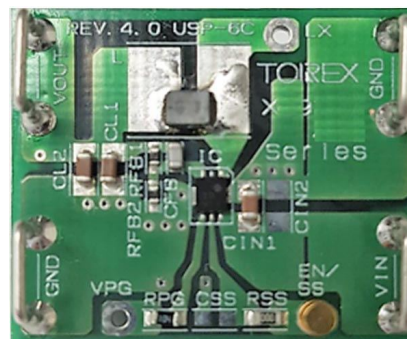
Микросхемы предназначены, в первую очередь, для использования в приложениях, требующих очень высокого КПД при легких нагрузках. Для работы XC9267/68 необходимы керамические конденсаторы с низким значением ESR. Приборы имеют регулируемое время мягкого запуска, выход «Питание в норме» и предлагаются в двух версиях, различающихся частотой переключения.

Регуляторы XC9267/68, содержащие схемы прогрессирующего ограничения тока, автоматически возобновляют нормальную работу после устранения перегрузки по току.



Зависимость КПД XC9267/68 от выходного тока. ( $V_{IN} = 24 В$ ,  $V_{OUT} = 5.0 В$ ,  $F_{OSC} = 1.2 МГц$ ).

Доступны единичные образцы микросхем и оценочные платы.



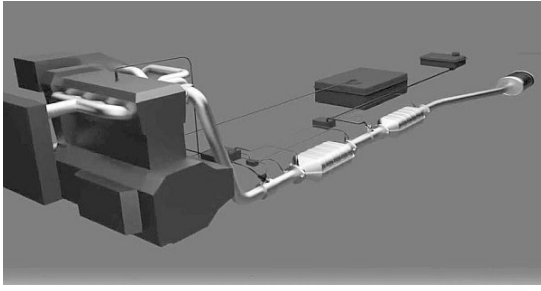
Оценочная плата для микросхем XC9267/68.

## IDT начинает выпуск преобразователя сигналов двойных термодар для автомобильных выхлопных систем

ZSSC4175 отвечает потребностям автопроизводителей в повышении эффективности использования топлива и соответствия все более строгим нормам выбросов в атмосферу

Integrated Device Technology (IDT), дочерняя компания Renesas Electronics, выпустила новую микросхему преобразователя сигналов двойных термодар, предназначенную

для применения в автомобильных выхлопных системах. ZSSC4175 обеспечивает высокоточное усиление и коррекцию сигналов термодар, гарантируя очень высокую точ-

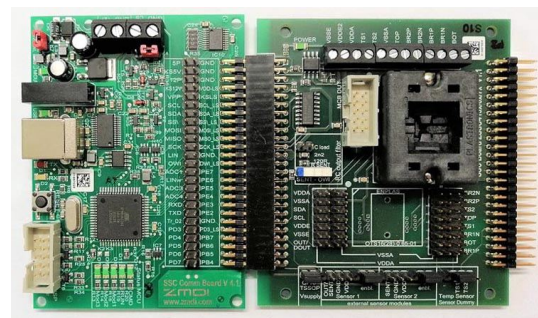


ность измерения температуры выхлопных газов – данных, которые используются системами управления двигателем для снижения вредных выбросов и экономии топлива.

ZSSC4175, оптимизированный для соответствия автомобильному стандарту AEC-Q100, содержит цепи защиты от перенапряжения и переплюсовки. Прибор обладает отличными характеристиками электромагнитной совместимости, поддерживает несколько диагностических функций и может работать в диапазоне температур от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Устройство имеет два входа сигналов термопар и содержит 16-разрядный RISC микроконтроллер для цифровой компенсации смещения, чувствительности, температурного дрейфа и нелинейности. ZSSC4175 хранит калибровочные коэффициенты и конфигурационные параметры во встроенной

микросхеме энергонезависимой памяти, доказавшей свою надежность в автомобильных приложениях.

Ключевой особенностью ZSSC4175 является встроенный предварительно откалиброванный датчик температуры холодного спая, позволяющий снизить затраты на сборку за счет исключения операции подстройки внешними компонентами или лазерами. Еще одной особенностью является встроенная схема компенсации холодного спая, которая позволяет ZSSC4175 достичь лучшей в своем классе точности в диапазоне измерений от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Предусмотрена также возможность калибровки термопары N-типа по математической модели.



Оценочная плата для датчика ZSSC4175.

## Infineon предлагает новые AMR-датчики углового положения с лучшей в отрасли точностью при слабых магнитных полях

По случаю выставки Sensor+Test, прошедшей в Нюрнберге в конце июня 2019 года, Infineon Technologies расширила ассортимент своих приборов, выпустив новое семейство датчиков углового положения на основе анизотропного магнетосопротивления (AMR). Микросхемы XENSIV TLE5109A16 удовлетворяют потребности в очень точных, быстрых и в то же время малозатратных изме-



рениях углов в автомобильных и промышленных приложениях при высочайшем уровне функциональной безопасности. Сфера использования новых приборов включает в себя управление бесщеточными двигателями постоянного тока для насосов, стеклоочистителей или тормозов, измерение положения клапанов, заслонок или педалей и измерение угла поворота рулевого колеса.

Новые устройства предназначены для измерения углов в диапазоне  $180^{\circ}$ , но также применимы для измерений в пределах  $360^{\circ}$  в двигателях с четным числом пар полюсов. Они подходят для широкого диапазона магнитных полей, начиная от  $10\text{ мТл}$ , и заканчивая значениями, превышающими  $500\text{ мТл}$ .

Одним из конкретных преимуществ разработанной Infineon технологии AMR является ее высокая точность, позволяющая достичь значений угловых ошибок всего  $0.1^{\circ}$ . XENSIV

TLE5109A16 превосходят имеющиеся на рынке современные решения, особенно при слабых магнитных полях от 10 до 20 мТл, где обычно значительно увеличивается угловая погрешность, достигая угловых ошибок всего 0.2°. Это позволяет создавать экономичные системные решения, поскольку дает клиентам возможность использовать менее мощные и, следовательно, более дешевые магниты.

Приборы XENSIV TLE5109A16 доступны в версиях с одним и двумя кристаллами; последняя подходит для приложений с уровнем безопасности ASIL D. Infineon предлагает варианты устройства с двумя различными напряжениями питания: 3.3 В и 5 В. По времени запуска, составляющему от 40 до 70 мкс, датчик превосходит сопоставимые решения, доступные сегодня на рынке. Более того, дат-

чики подходят для высокоскоростных приложений с числом оборотов более 30,000 в минуту.

Основанное на AMR семейство TLE5109A16 дополняет уже существующее семейство приборов TLE5009A16 на основе GMR (гигантское магнетосопротивление) и комбинированные датчики TLE5309D, выпускаемые Infineon. Одинаковая конфигурация выводов и интерфейсов в корпусе TDSO-16 всех датчиков XENSIV TLE5x09 позволяют потребителям быстро и с минимальными затратами на проектирование переходить с одного продукта на другой или на другую версию продукта.

### Доступность

Приборы XENSIV TLE5109A16 уже доступны для заказа.

## Рenesas представляет семейство 15-мегагерцовых оптоизоляторов с лучшими в отрасли характеристиками

*RV1S9160A, RV1S9060A и RV1S9960A обеспечивают низкие пороговые входные токи, высокий коэффициент подавления синфазных помех и наименьшие в отрасли размеры для зашумленных промышленных сред*

Renesas Electronics анонсировала три новых оптоизолятора с быстродействием 15 МГц, предназначенных для работы в жестких условиях эксплуатации промышленного и заводского оборудования автоматизации. Тенденция к уменьшению размеров систем и повышению рабочих напряжений ведет к ужесточению международных стандартов безопасности и созданию экологичных решений, требующих более миниатюрных микросхем с меньшим энергопотреблением. Семейство RV1S9x60A удовлетворяет эту потребность самыми низкими в своем классе значениями порогового входного тока: RV1S9160A (SO5) работает при 2.0 мА, RV1S9060A (LSO5) – при 2.2 мА и RV1S9960A (LSDIP8) – при 3.8 мА.

Более низкое энергопотребление позволяет оптопарам RV1S9x60A значительно сократить тепловыделение источника питания. А рабочая температура, повышенная до 125 °С, дает возможность экономить место на печатной плате за счет установки оптопары рядом с мощными IGBT или MOSFET. Устройства предназначены для силовых DC/AC инверторов, серводвигателей пере-

менного тока, программируемых логических контроллеров, роботов-манипуляторов и систем управления аккумуляторными батареями для хранения энергии и зарядки.

Оптоизоляторы RV1S9x60A обеспечивают подавление синфазных сигналов со скоростью нарастания не менее 50 кВ/мкс, защищая микроконтроллер и другие цифровые входы/выходы от высоковольтных бросков напряжения при передаче высокоскоростных сигналов. Кроме того, приборы семейства RV1S9x60A предлагаются в корпусах различных типов с наименьшими возможными размерами для каждого напряжения изоляции и минимальными длинами путей утечки по корпусу от 4.2 мм до 14.5 мм.

«Наши новейшие оптоизоляторы RV1S9x60A с быстродействием 15 Мбит/с обеспечивают непревзойденный баланс между низким энергопотреблением, высокой скоростью и высоким подавлением шумов, которые требуются сегодняшним клиентам, – сказал Филип Чесли (Philip Chesley), вице-президент подразделения аналоговых и силовых приборов компании Renesas Electronics. – Устройства превосходят стро-

гие требования стандартов безопасности UL61800-5-1 и UL61010-2-201, предоставляя производителям лучшие в своем классе возможности и уверенность, необходимую для быстрой разработки продукта.

### Ключевые особенности оптоизоляторов RV1S9160A, RV1S9060A и RV1S9960A

- Работа от низковольтного источника питания с напряжением от 2.7 В до 5.5 В;
- Напряжение изоляции 3750 В с.к.з. (RV1S9160A), 5000 В с.к.з. (RV1S9060A) и 7500 В с.к.з. (RV1S9960A);
- Широкие диапазоны рабочих температур: от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$  (RV1S9160A и

RV1S9060A) и от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$  (RV1S9960A);

- Потребляемый ток не более 2.0 мА;
- Искажение ширины импульса не более 20 нс;
- Максимальная задержка распространения 60 нс при разбросе, не превышающем 25 нс.

### Цена и доступность

15-мегагерцовые оптоизоляторы RV1S9x60A уже можно приобрести во всем мире у дистрибьюторов Renesas Electronics. Информация о корпусах и ценах приведена ниже в таблице.

Прибор	Напряжение изоляции	Пороговый входной ток	Корпус (длина пути утечки)	Цена (в партии из 1,000 устройств)
RV1S9160A	3750 В с.к.з.	2.0 мА	SO5 (4.2 мм)	\$0.61
RV1S9060A	5000 В с.к.з.	2.2 мА	LSO5 (8.0 мм)	\$0.67
RV1S9960A	7500 В с.к.з.	3.8 мА	LSDIP8 (14.5 мм)	\$1.80

## Diodes предлагает надежные и универсальные автомобильные понижающие драйверы светодиодов для внешних и внутренних световых приборов

Diodes Incorporated представила два автомобильных драйвера светодиодов, сочетающих высокую надежность, упрощенную конструкцию и гибкость для решения задач внутреннего и внешнего освещения, таких как противотуманные фары, габаритные огни, фонари заднего хода и дверные лампы.

AL8860Q и AL8861Q имеют широкий диапазон рабочих напряжений от 4.5 В до 40 В, позволяющий противостоять сбросам нагрузки и нормально работать при низких напряжениях во время запуска двигателя. Использование гистерезисного режима понижающего

преобразования упрощает конструкцию цепи обратной связи, обеспечивая устойчивость, поддерживаемую только четырьмя внешними компонентами. Конструкторы могут сэкономить средства и минимизировать перечень компонентов благодаря встроенному мощному MOSFET и частоте переключения, программируемой до 1 МГц, что позволяет использовать небольшой выходной дроссель.

В зависимости от напряжения питания и внешних компонентов, устройства могут отдавать токи до 1.5 А для питания нагрузок до 40 Вт. Кроме того, оба драйвера поддерживают аналоговое диммирование напряжением от 0.3 В до 2.5 В, а также высокоточное ШИМ-диммирование в диапазоне от 1% до 100%, что позволяет создавать различные регуляторы яркости, управляемые автоматически или пользователем. Такая гибкость позволяет использовать приборы в самых разных приложениях, как внутри, так и снаружи автомобиля, позволяя разработчикам создавать разные типы световых приборов, эффективно используя один и тот же драйвер, и оптимизировать управление производственными запасами.



Полный набор интегрированных функций защиты, гарантирующий надежность и безопасность, включает защиту от короткого замыкания и обрыва светодиодов, а также отключение при перегреве кристалла. AL8861Q дополнительно имеет цепь подключения токоизмерительного резистора и схему защиты от короткого замыкания.

Оба драйвера выпускаются в корпусах MSOP-8EP с высокой плотностью мощности и поддерживают аналоговое и ШИМ-

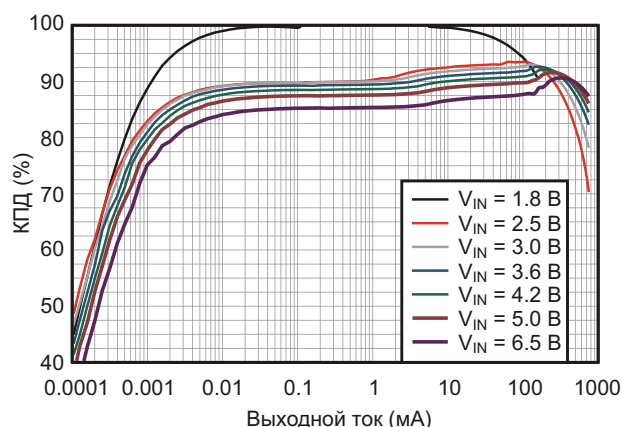
управление яркостью через один вывод управления. Функция аналогового диммирования этого управляющего входа с помощью единственного конденсатора может использоваться для установки скорости нарастания тока светодиодов.

AL8860Q и AL8861Q отвечают предписаниям Класса 1 автомобильного стандарта AEC-Q100 и поддерживают требования PPAP (Процесс одобрения производства компонентов).

## Новые импульсные регуляторы Texas Instruments с самым низким в отрасли током потребления увеличат время автономной работы устройств Интернета вещей с батарейным питанием

*Понижающий преобразователь с током потребления 60 нА увеличит КПД и уменьшит размеры решений в различных промышленных и персональных электронных приложениях с батарейным питанием*

Texas Instruments (TI) представила ультрамалопотребляющий импульсный регулятор напряжения с самым низким в отрасли собственным током потребления 60 нА, что составляет 1/3 от потребления ближайших конкурирующих устройств. Синхронный понижающий преобразователь TPS62840 обеспечивает очень высокий КПД при легких нагрузках, достигающий 80% при выходном токе 1 мкА, что может позволить разработчикам продлить срок службы батарей своих систем, или же использовать более миниатюрные батареи или меньшее количество батарей, чтобы сократить общие размеры источника питания и снизить его стоимость. Кроме того, широкий диапазон входных напряжений нового DC/DC преобразователя (1.8 В ... 6.5 В) поддерживает батареи различного химического состава и различных конфигураций.



*Зависимость КПД от тока нагрузки при выходном напряжении 1.8 В.*

Эти особенности TPS62840, а также переключаемые режимы прибора могут помочь инженерам в решении важнейших задач проектирования многих постоянно включенных приложений с батарейным питанием для промышленной и личной электроники, включая узкополосный Интернет вещей, оборудование сетевой инфраструктуры и носимые устройства, которые требуют большей гибкости, расширенного радиуса действия беспроводной связи, повышенной точности и низкого уровня излучаемых электромагнитных помех.

TPS62840 пополнил семейство выпускаемых TI высокоинтегрированных DC/DC пре-

образователей с низким током потребления, которые позволяют разработчикам создавать схемы, отдающие в нагрузку максимум энергии при минимально возможных размерах решения.

## Ключевые особенности и преимущества TPS62840

- **Большой срок службы батарей, очень высокий КПД при легких нагрузках:**

Низкий ток потребления увеличивает время автономной работы систем с очень легкими нагрузками (менее 100 мкА), а также систем, находящихся преимущественно в режиме останова или в режиме пониженного расхода мощности (без переключения). Низкий ток потребления TPS62840 обеспечивает КПД 80% при токе нагрузки 1 мкА, что на 30% лучше, чем у конкурирующих устройств.

- **Выбираемые режимы улучшают характеристики и снижают общую стоимость:**

Переключаемые режимы TPS62840 и функции останова улучшают шумовые характеристики и уменьшают искажения сигнала. Эти преимущества помогут разработчикам снизить стоимость решений, поскольку для выполнения системных требований им не придется использовать более дорогие прецизионные компоненты, датчики или решения для беспроводной связи.

- Вывод управления режимом позволяет включать режим непрерывной проводимости, называемый также режимом принудительной ШИМ, чтобы снизить уровень пульсаций или излучаемых помех и уменьшить влияние на передачу в чувствительных радиочастотных приложениях.

- Вывод останова выключает все импульсные цепи для снижения излучаемых помех или выходных пульсаций и минимизирует искажения, привносимые в точные цепи обработки сигналов и измерений, в датчики или в компоненты беспроводной связи.

- **Меньшие размеры решения:**

Инженеры могут использовать новый импульсный регулятор, чтобы вдвое

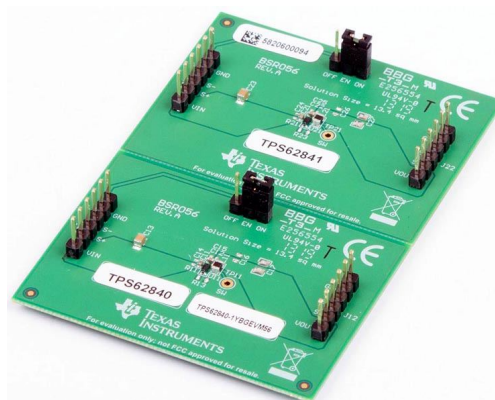
сократить количество батарей в своей конструкции или использовать батареи меньшего размера. Например, используя четыре батареи типоразмера AAA вместо четырех AA, разработчики могут сэкономить до 16,980 мм<sup>3</sup> общего объема.

- **Гибкий выбор входного напряжения расширяет возможности приложений:**

Широкий диапазон входных напряжений от 1.8 В до 6.5 В подходит для батарей различного химического состава и различных конфигураций, таких как два соединенных последовательно литий-диоксид марганцевых (LiMnO<sub>2</sub>) элемента, один литий-тионилхлоридный (LiSOCL<sub>2</sub>) элемент, четыре щелочных элемента и литий-полимерный (Li-Po) элемент.

## Корпус, доступность и цены

В настоящее время можно приобрести опытные образцы TPS62840 в безвыводных 8-контактных корпусах SON размером 1.5 мм × 2.0 мм и в 6-контактных корпусах с размерами кристалла (WCSP) размером 0.97 мм × 1.47 мм. В конце этого года будет доступна версия в 8-выводном корпусе со сниженным тепловым сопротивлением (HVSSOP) размером 3 мм × 5 мм. Цена одной микросхемы в партиях из 1000 приборов начинается от \$0.85. За \$49 можно приобрести оценочный модуль TPS62840-1DLCEVM55 или TPS62840-1YBGEVM56.

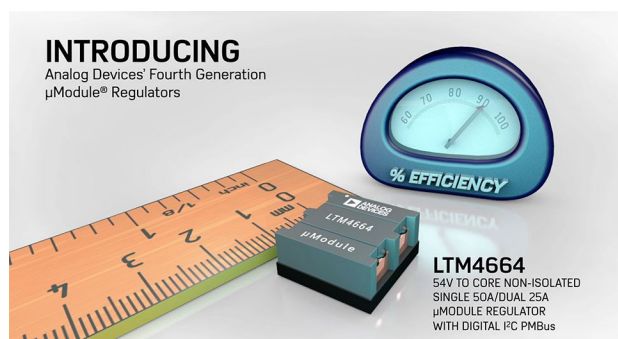


Плата TPS62840-1YBGEVM56 оценочного модуля высокоэффективного понижающего преобразователя с выходным током 750 мА и током потребления 60 нА для микросхем TPS62840 и TPS62841.

## Analog Devices готовится к производству сдвоенных 25-амперных микромодулей преобразователей с цифровым программированием

PowerPulse

Analog Devices представила микромодуль законченного неизолированного высокоэффективного понижающего регулятора с входным напряжением 48 В и двумя выходами по 25 А. В регулятор LTM4664 интегрированы мощные MOSFET, контроллеры коммутации, дроссели и компоненты поддержки. Для создания полного решения необходимо лишь добавить внешние конденсаторы.

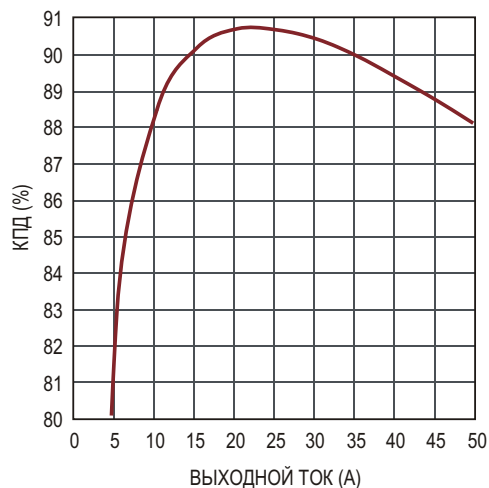


Модуль регулятора может использоваться в 48-вольтовых системах, компьютерном и сетевом оборудовании, электронных контрольно-измерительных устройствах и системах накопления энергии.

LTM4664, работающий от входного напряжения в диапазоне от 30 В до 58 В, поддерживает выходные напряжения от 0.5 В до 1.5 В при мощности до 75 Вт. Доступен также промежуточный выход с напряжением, составляющим 25% от входного. Преобразование напряжения 48 В в 1 В при выходном токе 50 А выполняется с КПД, равным 88%.

В сдвоенных 25-амперных регуляторах LTM4664 используются аналоговые контуры управления с цифровым программированием, высокоточная схема сбора данных и EEPROM с кодами коррекции ошибок. Двухпроводный интерфейс модуля позволяет устанавливать границы ограничения выходного тока, скорости нарастания и спада выходных напряжений и управлять задержками включения.

Модуль позволяет считывать значения, включая пиковые, входных и выходных токов, напряжений и мощности, а также температу-



Зависимость КПД от тока нагрузки. (Преобразование 48 В в 1 В, ток 50 А).

ры и времени наработки. В модуле имеются два аналоговых контура регулирования. Частотная коррекция, управление и мониторинг осуществляются через 400-килогерцовый последовательный интерфейс I<sup>2</sup>C, совместимый с PMBus. Регулятор выпускается в корпусе BGA с размерами 16 мм × 16 мм × 7.72 мм и может масштабироваться до 300 А.

Устройство обеспечивает считывание значения выходного тока с точностью ±3% в диапазоне температур от -20 °С до 125 °С и выходного напряжения с точностью ±0.5% в полном диапазоне рабочих температур от -40 °С до 125 °С.



### Сводка основных технических характеристик

- Возможность масштабирования до 300 А;
- Двойные аналоговые контуры управления с цифровым управлением для частотной коррекции, управления и мониторинга;
- Диапазон входных напряжений: 30 В...58 В;

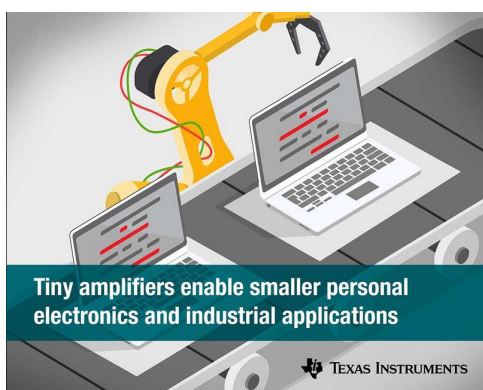
- Диапазон выходных напряжений: 0.5 В...1.5 В;
- Точность измерения выходного тока  $\pm 3\%$  (в диапазоне температур от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- КПД 88% при понижении 48 В до 1 В и выходном токе 1 А;

- Точность стабилизации выходного напряжения  $\pm 0.5\%$  во всем диапазоне рабочих температур;
- Последовательный интерфейс I<sup>2</sup>C 400 кГц, совместимый с PMBus;
- Корпус BGA 16 мм × 16 мм × 7.72 мм.

## Сделайте больше в меньшем объеме: Texas Instruments предлагает крошечные усилители для сверхкомпактных конструкций

*Новый токоизмерительный усилитель и компараторы TI позволяют создавать более компактные решения для корпоративных, промышленных, коммуникационных и персональных приложений*

Texas Instruments (TI) представила самый миниатюрный в отрасли токоизмерительный усилитель в выводном корпусе и самые точные и миниатюрные компараторы с внутренними источниками опорного напряжения 1.2 В или 0.2 В. Токоизмерительный усилитель INA185 и компараторы с открытым стоком и двухтактным выходом TLV4021 и TLV4041, соответственно, с самым большим в отрасли количеством вариантов корпусов позволяют инженерам проектировать более компактные, простые и высокоинтегрированные системы, сохраняющие высокие технические характеристики. Кроме того, соединение усилителя с одним из компараторов дает возможность создать самое миниатюрное и эффективное в отрасли решение для обнаружения перегрузки по току.



Эти новые микросхемы оптимизированы для различных устройств персональной электроники, корпоративных, промышленных и коммуникационных приложений, включая компьютерную периферию, док-станции и ноутбуки.



INA185.

TLV4041.

### Токоизмерительный усилитель INA185 обеспечит высокую точность на меньшей площади

- **Уменьшают общие размеры системы:**

Усилитель в миниатюрном транзисторном корпусе SOT-563 размером 1.6 мм × 1.6 мм (2.5 мм<sup>2</sup>) на 40% меньше, чем ближайшие конкурирующие аналоги в выводных корпусах.

- **Улучшает КПД системы:**

Входное напряжение смещения микросхемы INA185, равное всего 55 мкВ, дает возможность повысить точность измерений при более низких токах, используя резисторные шунты с меньшим сопротивлением. Полоса пропускания 350 кГц и скорость нарастания 2 В/мкс позволяют отслеживать изменения фазовых токов, повышая КПД двигателя и экономя энергию системы.

- **Улучшенные характеристики и функции защиты:**

Точно подобранные сопротивления обратной связи усилителя обеспечивают максимальную ошибку усиления всего 0.2%, способствуя независимости характеристик



от температуры и технологического разброса. Типовое время отклика устройства, составляющее 2 мкс, позволяет быстро обнаруживать неисправности, чтобы предотвратить повреждение системы.

## Компараторы TLV4021 и TLV4041: дополнительная функциональность без увеличения размеров

### • Интеграция в крошечный корпус:

Компаратор в ультраминиатюрном корпусе DSBGA размером 0.73 мм × 0.73 мм со встроенным источником опорного напряжения экономит место на печатной плате и поддерживает точный контроль напряжения, оптимизирующий характеристики системы.

### • Меньшее потребление мощности, более длительный срок службы батарей:

Компараторы способны контролировать очень низкие напряжения благодаря опорному источнику 0.2 В, а точность порога сохраняется на уровне не хуже 1% в полном диапазоне рабочих температур от -40 °С до +125 °С. Низкий собственный ток потребления 2.5 мкА обеспечивает длительное время автономной работы интеллектуальных подключенных устройств.

### • Быстрый отклик:

Малое время распространения, равное всего 450 нс, уменьшает задержку, позволяя энергоэффективным системам отслеживать сигналы и быстро реагировать на неисправности.

## Самое быстрое и миниатюрное решение для обнаружения перегрузки по току

### • На 15% меньше, на 50% быстрее:

При совместном использовании INA185 с TLV4021 или TLV4041 инженеры могут сделать свои системы еще более компактными. Сочетание этих двух устройств позволяет создать самое миниатюрное и самое эффективное решение для обнаружения перегрузки по току – на 15% меньше и в 50 раз более быстрое, чем конкурирующие устройства.

### • Защита системы:

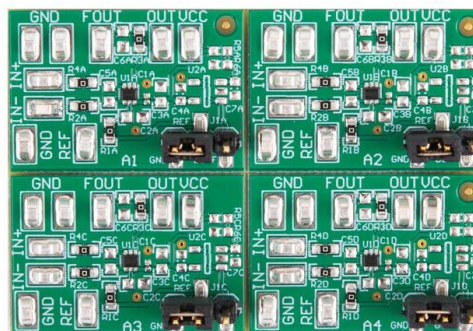
Совместное включение усилителя с одним из компараторов для поддержки обнаружения токовой перегрузки на шинах с напряжением до 26 В обеспечивает большой запас для лучшего противодействия выбросам тока.

Эти новые устройства дополнили портфель выпускаемых TI миниатюрных усилителей, позволяющих разработчикам уменьшать размеры систем, сохраняя при этом высокий уровень их технических характеристик. В портфеле представлены лучшие в отрасли варианты корпусов и многие из самых крошечных в мире компараторов и токоизмерительных усилителей.

## Инструменты и средства ускорения разработки

Загрузите SPICE модели TINA-TI и базовые проекты для моделирования систем и прогнозирования поведения схем при использовании токоизмерительного усилителя INA185 и компараторов TLV4021 и TLV4041.

Легко и быстро оцените возможности новых микросхем, воспользовавшись оценочными модулями INA185EVM и TLV4021-41EVM, которые уже можно приобрести по цене \$25.00 за штуку на складе TI и у официальных дистрибьюторов.



Оценочный модуль для INA185.

## Корпуса, доступность и цены

Усилители INA185 в корпусах SOT-563 размером 1.6 мм × 1.6 мм доступны для приобретения в промышленных количествах на складе TI и у официальных дистрибьюторов компании. Цена одного усилителя в партиях из 1000 приборов начинается от \$0.65.

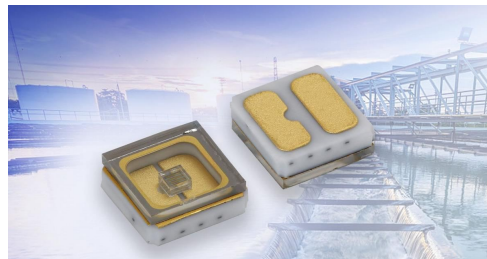
Серийно выпускаемые TLV4041 с двухтактным выходом, а также опытные образцы компараторов с открытым стоком TLV4021 в ультраминиатюрных корпусах DSBGA размером 0.73 мм × 0.73 мм уже можно заказать на складе TI и у официальных дистрибьюторов компании. Цена любого компаратора в партиях из 1000 приборов начинается от \$0.39.

## Vishay Intertechnology предлагает новый УФ светодиод в компактном керамическом корпусе для поверхностного монтажа

Новое устройство VLMU35CLxx-280-120 имеет размеры 3.5 мм × 3.5 мм × 1.2 мм

К семейству светодиодов, излучающих в дальней части ультрафиолетового спектра (short wavelength ultraviolet – UVC), Vishay Intertechnology добавила новый компактный прибор, предназначенный для приложений стерилизации, санитарной очистки и обеззараживания. Светодиод VLMU35CLxx-280-120, разработанный для замены ртутных UVC ламп, выпускается подразделением Vishay Semiconductors в компактном керамическом корпусе для поверхностного монтажа размером 3.5 мм × 3.5 мм × 1.2 мм с крышкой из кварцевого стекла, не требующей внешней оптики, и отличается исключительно большим сроком службы.

Устройства с углом излучения  $\pm 60^\circ$  характеризуются высокой мощностью излучения, составляющей 3.2 мВт при токе 20 мА или 7.5 мВт при токе 50 мА. Изготавливаемый на основе AlGaN светодиод VLMU35CLxx-280-12 с максимальным прямым напряжением 6.5 В имеет длину волны излучения от 265 нм до 285 нм и может работать при прямом токе до 70 мА, в отличие от 30 мА для типичных конкурирующих устройств.

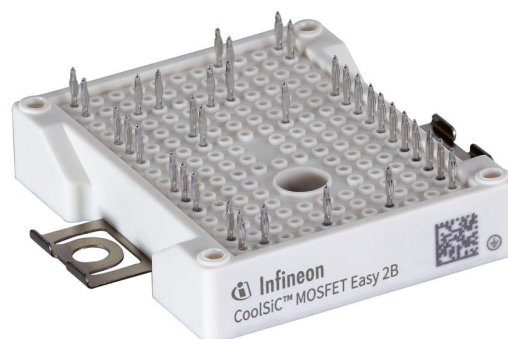


Характеристики излучающего диода делают его идеальным для очистки воды и воздуха, физической стерилизации поверхностей, медицинской дезинфекции и использования в портативных УФ стерилизаторах. Светодиоды VLMU35CLxx-280-120 не содержат галогенов и соответствуют требованиям директивы RoHS и экологической инициативы Vishay Green. Чувствительность приборов к влажности соответствует Уровню 3 стандарта J-STD-020. Устройства допускают пайку инфракрасным оплавлением припоя.

В настоящее время доступны как единичные образцы, так и промышленные партии новых излучающих UVC диодов. Срок выполнения заказов большого объема составляет от четырех до шести недель.

## Комбинация MOSFET и IGBT в силовых модулях Infineon Easy 2B повысит КПД систем

По сравнению с традиционными трехуровневыми топологиями с фиксированной нейтральной точкой (NPC), усовершенствованная конструкция инвертора с фиксированной нейтральной точкой (Advanced NPC – ANPC) обеспечивает равномерное распределение потерь между полупроводниковыми устройствами. Infineon Technologies использует топологию ANPC в своих гибридных силовых 1200-вольтовых модулях семейства EasyPACK 2B, объединяющих SiC и IGBT приборы. Оптимизированный для наилучшего использования свойств MOSFET семейства CoolSiC и чипсетов TRENCHSTOP IGBT4, модуль работает на частоте коммутации до 48 кГц и отличается повышенной плот-



ностью мощности. Особенно хорошо он подходит для нужд нового поколения 1500-вольтовых фотоэлектрических систем и приложений хранения энергии.

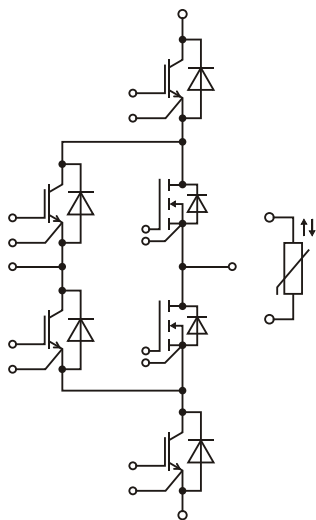


Схема модуля EasyPACK 2B.

Новая топология ANPC позволяет поддерживать системный КПД на уровне более 99%. Использование гибридного силового модуля Easy 2B, например, в 1500-вольтовом каскаде DC/AC преобразователя последовательно соединенных солнечных панелей позволяет устанавливать катушки меньшего размера, чем для устройств с более низкой частотой переключения. Поэтому преобразователь

весит значительно меньше, чем соответствующий инвертор с чисто кремниевыми компонентами. Кроме того, потери в карбид кремниевых приборах меньше, чем в кремниевых. По этой причине требуется отводить меньше тепла, что позволяет уменьшить размеры радиатора. В целом это приводит к уменьшению размеров корпусов инверторов и снижению затрат системного уровня. По сравнению с пятиуровневой топологией, трехуровневая схема упрощает конструкцию инвертора.

Стандартный для силовых модулей корпус Easy 2B характеризуется самой низкой в отрасли паразитной индуктивностью. Кроме того, внутренний паразитный диод в чипе CoolSiC MOSFET обеспечивает функцию демфера с малыми потерями, устраняя необходимость в использовании другого SiC диода. Встроенный NTC датчик температуры облегчает контроль устройства, тогда как технология PressFIT сокращает время его монтажа.

### Доступность

Гибридные модули EasyPACK 2B (F3L11MR12W2M1\_B65) можно заказать уже сейчас.

## Power Integrations анонсирует новые нитрид-галлиевые микросхемы AC/DC преобразователей семейства InnoSwitch3

*Усовершенствованная GaN технология значительно увеличила КПД и мощность преобразователей*

Power Integrations анонсировала появление новых членов своих семейств микросхем автономных обратноходовых импульсных преобразователей InnoSwitch3 с цепями стабилизации напряжения и тока. Новые микросхемы обеспечивают КПД до 95% в полном диапазоне нагрузок вплоть до 100 Вт, работая

в составе закрытых адаптеров без использования радиатора. Это революционное улучшение характеристик достигнуто с помощью разработанной внутри компании технологии высоковольтных GaN ключей.

В компактных корпусах для поверхностного монтажа квазирезонансных приборов InnoSwitch3-CP, InnoSwitch3-EP и InnoSwitch3-Pro объединены цепи первичной стороны, вторичной стороны и обратной связи. В недавно выпущенных устройствах традиционные высоковольтные кремниевые транзисторы на первичной стороне микросхемы заменены GaN ключами, что уменьшило потери проводимости при протекании тока и значительно снизило коммутационные потери во время работы. Это значительно сократило бесполезный расход энергии и, соответственно,



повысило КПД и мощность, отдаваемую компактным корпусом InSOP-24D.

Новые микросхемы, предназначенные для высокоэффективных обратных конструкций, таких как USB-PD и сильноточные зарядные устройства и адаптеры питания для мобильных устройств, абонентских приставок, дисплеев, бытовой техники, сетевых и игровых продуктов, независимо от внешних компонентов обеспечивают точную стабилизацию напряжения, тока или мощности и легко сопрягаются с микросхемами, использующими протокол быстрой зарядки. Варианты InnoSwitch3-CP и -EP конфигурируются аппаратно, тогда как InnoSwitch3-Pro

имеет сложный цифровой интерфейс для программного управления установкой параметров, стабилизации напряжения и тока, обработки особых ситуаций и задания режимов использования защитных функций.

Новые микросхемы InnoSwitch3 уже можно приобрести по цене \$4 за штуку при размере партии 10,000 приборов. На веб-сайте Power Integrations доступны пять новых базовых проектов, описывающих зарядные устройства USB-PD мощностью от 60 Вт до 100 Вт. Кроме того, предлагаются средства автоматизированного проектирования, последняя версия программы PI Expert и различная документация для технической поддержки.

## Новая сборка TVS диодов корпорации Semtech обеспечит лучшую в отрасли защиту интерфейсов LVDS, Ethernet и USB 3.x

*Запатентованные технологии Semtech, используемые в RClamp3324P, снижают напряжение ограничения на 25–50 процентов по сравнению с аналогичными продуктами на рынке*

Корпорация Semtech анонсировала новейшее дополнение к платформе RClamp – сборку TVS диодов с низкой емкостью, оптимизированную для защиты сигнальных линий 3.3 В высокоскоростных интерфейсов данных от электростатических разрядов и бросков напряжения.



«Современные высокоскоростные линии передачи данных становятся все более чувствительными к повреждениям или защелкиванию от обычных электростатических разрядов. Поэтому обеспечение надежной защиты системы с помощью решений с более низким напряжением ограничения имеет решающее значение, – сказал Ти Лим (Tee Lim), директор по маркетингу продуктов для защиты. – В RClamp3324P используется много запатентованных технологий Semtech, чтобы позволило предложить разработчикам устройство с напряжением ограничения, кото-

рое на 25–50 процентов ниже, чем у аналогичных продуктов, имеющихся сегодня на рынке».

Новый прибор RClamp3324P с четырьмя линиями, рассчитанными на обратное напряжение 3.3 В, предоставляет разработчикам увеличенный запас защиты, обеспечивая исключительно низкое напряжение ограничения при минимальной вносимой емкости для защиты высокоскоростных интерфейсов передачи данных, включая LVDS, Ethernet и USB 3.x. Кроме того, RClamp3324P, выпускаемый в 10-контактном корпусе QFN, имеет удобное расположение выводов, позволяющее выполнять сквозную разводку проводников, идеально подходящую для оптимизации характеристик целостности сигнала. Устройство превосходит требования стандарта защиты от электростатических разрядов IEC61000-4-2, выдерживая  $\pm 20$  кВ при разряде через воздушный промежуток и  $\pm 17$  кВ при контактном разряде.

### Основные особенности RClamp3324P

- Отвечают требованиям следующих разделов стандарта IEC 61000-4:
  - IEC 61000-4-2 (Электростатические разряды):
    - ♦  $\pm 20$  кВ (Разряд через воздушный промежуток),
    - ♦  $\pm 17$  кВ (Контактный разряд);

- IEC 61000-4-4 (Быстрые переходные процессы) 4 кВ (5/50 нс),
- IEC 61000-4-5 (Грозовой разряд) 4 А (8/20 мкс);
- Защита цепей с рабочим напряжением 3.3 В;
- Защищает четыре линии ввода/вывода;
- Низкая емкость (типичное значение емкости между линиями – менее 0.4 пФ);
- Корпус QFN с размерами 2.5 × 1.0 × 0.6 мм;

- Не содержит свинца, отвечает требованиям директив RoHS и WEEE.

### Цена и доступность

Приборы RClamp3324P (код для заказа RClamp3324P.TCT) готовы к немедленной отгрузке в промышленных количествах. Semtech предлагает разработчикам всестороннюю поддержку, включая сервисное обслуживание и помощь в организации производства.

## STMicroelectronics выпускает микросхему преобразователя VIPer26K с самым высоким в отрасли пробивным напряжением интегрированного MOSFET

Высоковольтный преобразователь VIPer26K компании STMicroelectronics, в который интегрирован устойчивый к лавинному пробую мощный N-канальный MOSFET с пробивным напряжением 1050 В, дает возможность создавать автономные источники питания, сочетающие широкий диапазон входных напряжений с преимуществами упрощенной конструкции.

1050V high-voltage converter  
for robust and reliable power supplies



Чрезвычайно высокое номинальное напряжение внутреннего MOSFET микросхемы VIPer26K устраняет необходимость в традиционных многоуровневых полевых транзисторах и связанных с ними пассивных компонентах, позволяя достичь те же характеристик по напряжению, а также использовать внешние снабберные компоненты меньшего размера. В устройство встроена цепь защитного ограничения тока стока, а исток MOSFET для защиты от перегрева подключен по схеме senseFET.

Благодаря наличию интегрированной высоковольтной схемы запуска, встроенного

усилителя ошибки и ШИМ контроллера для токового управления, VIPER26K может поддерживать все распространенные топологии импульсных источников питания, включая изолированную обратнуюходовую со стабилизацией по вторичной или первичной стороне, неизолированную обратнуюходовую с резистивной обратной связью, понижающую и понижающе-повышающую.

Самое высокое на рынке пробивное напряжение MOSFET в сочетании с полным набором интегрированных функций и минимальным числом необходимых внешних компонентов дают разработчикам возможность снизить затраты на материалы и уменьшить площадь печатной платы, повысив при этом надежность таких приложений, как источники питания однофазных и трехфазных умных счетчиков энергии, трехфазных промышленных систем, кондиционеров воздуха и светодиодных светильников.

Дополнительными преимуществами являются фиксированная частота переключения 60 кГц с искусственным джиттером ±4 кГц, и



STEVAL-VP26K01B – типовая конструкция понижающего преобразователя 15 В/100 мА на основе VIPER26K.

контроль тока затвора MOSFET во время включения и выключения для минимизации коммутационных шумов. Высокий КПД преобразования энергии и собственная мощность рассеивания менее 30 мВт помогают достичь

высоких значений мощности при соблюдении строгих экологических требований.

Микросхема VIPer26K выпускается серийно в корпусе SO-16N и в партиях из 1000 приборов продается по цене \$0.64 за штуку.

# настоящее немецкое качество

**Testboy**  
GmbH, Germany

контрольно-  
измерительное  
оборудование

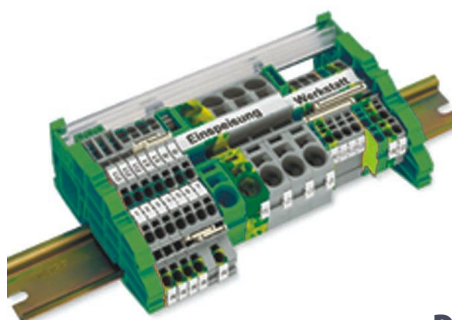


»»» **JOKARI**<sup>®</sup>  
original

инструмент для  
разделки кабеля  
и снятия изоляции



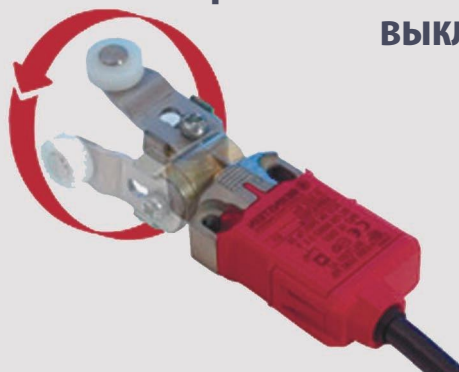
**WAGO**<sup>®</sup>  
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы  
на DIN рейку  
и для печатных плат

**BERNSTEIN**  
safe solutions

промышленные корпуса  
выключатели  
датчики



**ДЕЦИМА**

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**

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

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858



# Как рассчитать импульсный преобразователь электрической энергии?

## Часть 3

*Продолжение. Начало в номерах 05, 06-2019*

*Александр Русу, Одесса, Украина*

### Выбор магнитопровода

В предыдущих частях было определено, что произведение средней длины магнитной линии  $L_{CP}$  на площадь поперечного сечения  $S$  магнитопровода, фактически равное его объему  $V$  ( $V = L_{CP}S$ ), должно быть больше некоторого минимального значения. В магнитопроводе накапливается преобразуемая дросселем энергия  $W_{ИМП}$ , поэтому если его физический объем будет меньше этой величины, то произойдет насыщение магнитного материала, что может привести к выходу из строя силовой части преобразователя.

В качестве материала магнитопровода выберем распыленное железо (Iron Powder), особенностями которого являются низкая цена (значит, дроссель должен получиться дешевым), высокое значение индукции насыщения (и компактным) и относительно высокое значение потерь на перемагничивание (но, к сожалению, будет «немного греться»). Можно, конечно, выбрать и другой материал – тут все зависит от особенностей конкретного приложе-

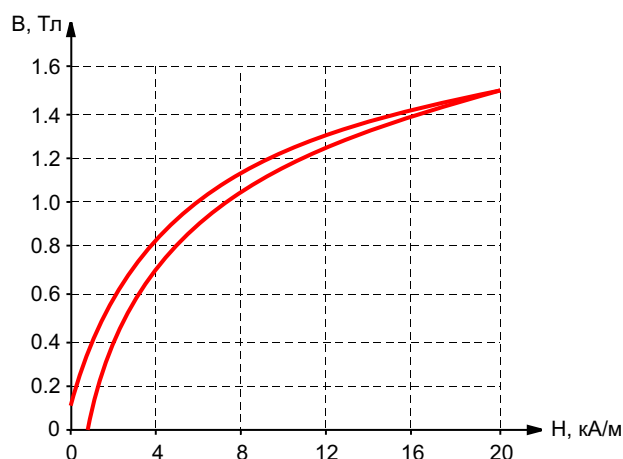
ния, опыта и предпочтений разработчика и, в первую очередь – доступности того или иного материала. В нашем техническом задании к дросселю преобразователя пока нет никаких дополнительных требований, поэтому останавливаемся на выбранном материале.

Открыв каталог одного из доступных (для автора) поставщиков сердечников для дросселей и трансформаторов, например, [10], видим, что в нем содержится информация о 13 разновидностях (смесях) этого материала. Внимательно анализируя таблицы и графики, определяем необходимые характеристики: эквивалентную магнитную проницаемость  $\mu_{ЭКВ}$ , индукцию насыщения  $B_{НАС}$ , остаточную индукцию  $B_R$ , а также объем самого маленького  $V_{MIN}$  и самого большого  $V_{MAX}$  магнитопровода из данной смеси, которые есть в каталоге. (Последние два параметра для расчета необязательны).

Первый неприятный сюрприз заключается в «специфической систематизации» технических характеристик. Например, в таблице «Основные параметры материалов» [10] указаны только магнитная проницаемость,



плотность, относительная стоимость и цветовой код для каждой смеси. Это, безусловно, важные и нужные параметры, однако, странно, что магнитные характеристики в эту таблицу не попали. Но страшного ничего нет, ведь чуть ниже для каждой смеси приведены кривые намагничивания с нужными нам числами. Однако второй неприятный сюрприз заключается в том, что характеристики приведены не для всех материалов. Так, например, они отсутствуют для смесей -14, -19, -38, -45. Это означает, что данные материалы придется исключить из дальнейшего анализа, хотя, возможно, где-то в других источниках, например, в более поздних или более ранних версиях каталога, они приведены. По этой же причине из списка исключается смесь -30 – для нее отсутствует список доступных типоразмеров, (видимо поставщик их «не возит, потому что никто не берет»).



**Рисунок 11.** Кривые намагничивания смеси -52 [10].

Рассчитаем минимально необходимый объем, например, для смеси -52. Для начала внимательно проанализируем кривые намагничивания (Рисунок 11). В отличие от рассмотренного ранее феррита N87, зависимости индукции от намагничивающей силы не имеют резких перегибов вплоть до индукции насыщения  $B_{НАС}$  (для смеси -52 она, по сравнению с ферритом N87, достаточно высока и достигает 1.4 Тл). К сожалению, из данных характеристик (как, впрочем, и из всех остальных, приведенных в этом каталоге) совершенно неизвестно, при какой температуре они получены и как этот материал будет вести себя при повышении/понижении тем-

пературы. Возможно, для данной смеси это не имеет значения, хотя, скорее всего, что это не так.

Опираясь на те данные, что есть, зададимся максимальным значением индукции в магнитопроводе  $B_{МАХ}$  так, чтобы у нас был, как минимум, 25% запас:

$$B_{МАХ} = 0.75 B_{НАС} = 0.75 \cdot 1.4 = 1.05 \text{ Тл.} \quad (14)$$

Для смеси -52 величина остаточной индукции  $B_R = 0.15$  Тл. Это означает, что при выбранном значении  $B_{МАХ}$  максимально доступный для использования размах пульсации магнитной индукции  $B_{M\_МАХ}$  равен:

$$B_{M\_МАХ} = B_{МАХ} - B_R = 1.05 - 0.15 = 0.9 \text{ Тл.} \quad (15)$$

При работе в граничном режиме, когда рабочий размах пульсации  $B_M$  максимален ( $B_M = B_{M\_МАХ}$ ), среднее значение магнитной индукции равно:

$$B_{СР} = B_{МАХ} - 0.5 B_M = 1.05 - 0.5 \cdot 0.9 = 0.6 \text{ Тл.} \quad (16)$$

Теперь по формуле (12) можно определить минимально необходимый объем магнитопровода:

$$V = W_{ИМП} \frac{0.9 \text{ ЭКВ}}{B_M B_{СР}} = 0.3 \cdot 10^{-3} \frac{1.257 \cdot 10^6 \cdot 75}{0.9 \cdot 0.6} = 0.052 \text{ см}^3. \quad (17)$$

Сердечником с ближайшим большим объемом магнитопровода является самое маленькое кольцо Т25-52, имеющее объем  $0.06 \text{ см}^3$ . На всякий случай делаем проверку: длина средней магнитной линии этого кольца равна  $L_{СР} = 1.5 \text{ см}$ , площадь поперечного сечения –  $S = 0.04 \text{ см}^2$ , следовательно, произведение  $L_{СР} S = 0.06 \text{ см}^3$ . Для тороидальных магнитопроводов такая проверка обычно лишняя, а вот для сердечников другой формы ее лучше проводить, поскольку объем их магнитного материала в большинстве случаев больше произведения  $L_{СР} S$ .

Аналогично, можем рассчитать минимально необходимый объем магнитопровода, при условии, что преобразователь будет работать в безразрывном режиме с размахом

пульсации индукции, как рекомендуют во многих источниках, 30% от максимального значения. В этом случае:

$$\begin{aligned}
 &V_M = 0.3V_{M\_MAX} = 0.3 \cdot 0.9 \cdot 0.27 \text{ Тл}, \\
 &V_{CP} = V_{MAX} = 0.5V_M \\
 &1.05 \cdot 0.5 \cdot 0.27 = 0.915 \text{ Тл}, \\
 &V_{MIN} = W_{ИМП} \frac{0 \cdot \mu_{ЭКВ}}{B_M B_{CP}} \\
 &0.3 \cdot 10^3 \frac{1.257 \cdot 10^6 \cdot 75}{0.27 \cdot 0.915} = 0.052 \text{ см}^3.
 \end{aligned} \tag{18}$$

и для дросселя можно выбрать кольцо Т26-52 с ненамного большими размерами и объемом 0.13 см<sup>3</sup>.

Наружный диаметр колец Т25-52 и Т26-52 одинаков, а вот высота у последнего в два раза больше. Но это увеличение в абсолютных значениях не превышает 3 мм, поэтому выбор остается за разработчиком: или потенциально увеличить на 3 мм высоту модуля, но при этом облегчить электрические режимы всех остальных компонентов, тем самым, уменьшая потери, или в погоне за миниатюрностью ориентироваться на граничный режим работы. В первом случае следует учесть, что на плате, кроме дросселя, будут находиться еще и другие габаритные компоненты, например, электролитические конденсаторы, высота которых может быть соизмерима с размерами дросселя. Но если вы выбираете контролер, рассчитанный на работу в граничном режиме, тогда вариантов не остается, разве

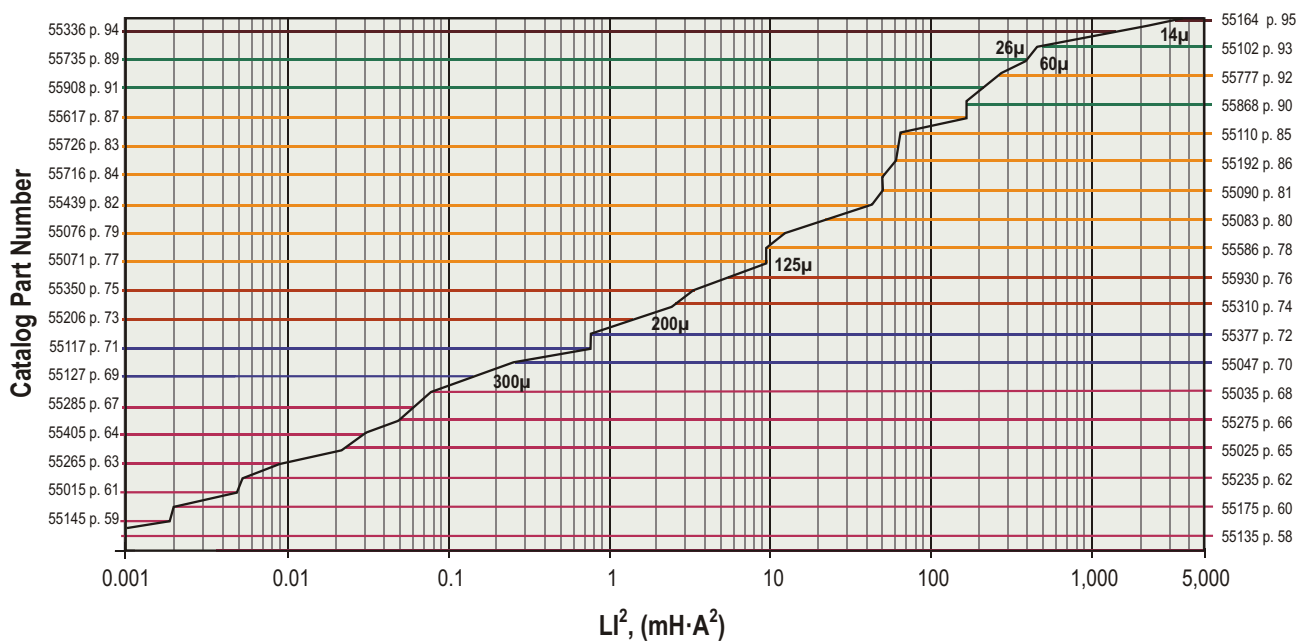
что для уменьшения потерь в магнитопроводе уменьшать величины  $V_{MAX}$  и, соответственно,  $V_M$ . В данном случае последуем рекомендациям опытных разработчиков старой школы и примем решение, что преобразователь будет работать в безразрывном режиме с размахом пульсации  $V_M = 0.3V_{M\_MAX}$ .

Расчеты для других смесей распыленного железа выполнены аналогично, а их результаты приведены в Таблице 2, из которой видно, что наименьший объем магнитопровода будет при использовании смесей -34 или -35, однако самое маленькое кольцо из этого материала имеет объем 4.28 см<sup>3</sup>, что более чем в 60 раз больше необходимого. Из-за малого значения индукции насыщения и большой магнитной проницаемости наибольший объем требуется для смеси -18, которую, если нет других аргументов для использования, можно также исключить. Для всех оставшихся смесей (-2, -8, -26, -40, -52) минимально необходимый объем магнитопровода приблизительно одинаков, и дроссели на их основе можно будет намотать на кольцах Т26-xx (где xx – номер смеси), ведь размеры колец, а, следовательно, и их объемы приблизительно одинаковы. Но в данном каталоге нет колец Т26-xx из смесей -2, -40, поэтому при выборе данных материалов придется или выбирать более габаритные кольца, или не выбирать их вообще.

Таким образом, если поставщик сможет обеспечить нужное количество колец Т26-52, то дальнейшие расчеты будем проводить для этого сердечника, надеясь, что обмотки раз-

**Таблица 2. Параметры магнитопроводов из распыленного железа [10]**

Материал (смесь)	Выбирается из каталога				Задается		Рассчитывается	
	$\mu_{ЭКВ}$	$V_{НАС}$ , Тл	$V_R$ , Тл	$V_{MIN} \dots V_{MAX}$ , см <sup>3</sup>	$V_{MAX}$ , Тл	$V_M$ , Тл	$V_{CP}$ , Тл	$V_{MIN}$ , см <sup>3</sup>
-2	10	0.50	0.004	0.06...734	0.38	0.11	0.32	0.11
-8	35	1.25	0.46	0.06...734	0.94	0.14	0.87	0.11
-14	14	?	?	0.27...171				
-18	55	1.03	0.09	0.06...86.4	0.77	0.20	0.67	0.15
-19	55	?	?	0.06...86.4				
-26	75	1.38	0.18	0.06...734	1.04	0.26	0.91	0.12
-30	22	0.97	0.02	?				
-34	33	1.10	0.03	4.28...734	0.83	0.24	0.71	0.07
-35	33	1.10	0.03	4.28...734	0.83	0.24	0.71	0.07
-38	85	?	?	0.36...10.7				
-40	60	1.38	0.10	0.06...734	1.04	0.28	0.89	0.09
-45	100	?	?	0.06...10.7				
-52	75	1.40	0.15	0.06...734	1.05	0.27	0.91	0.11



**Рисунок 12.** Пример селектора тороидальных сердечников из молибден-пермаллоя в каталоге компании Magnetics [8].

местятся в его окне (это мы проверим в следующих частях статьи). Иначе придется искать другой магнитопровод, возможно, из другого материала и, возможно, другой формы. Очень часто, особенно при создании единичных изделий, используется совершенно другой подход: вначале анализируется «что есть в наличии на радиорынке», а уже потом проверяется «что из этого можно сделать». В любом случае методика расчета одинакова: определяем характеристики магнитного материала, задаем режим работы и после этого определяем произведение  $L_{CP}S$ .

На этом этапе самым сложным является выбор режима работы (безразрывный, граничный) и поиск нужных характеристик материала. К сожалению, каждый производитель и дистрибьютор имеют свой подход к оформлению каталогов и прочей технической документации, логику которого понять иногда сложно, а порой и невозможно.

Так, например, в очень подробном каталоге сердечников компании Magnetics [8], в котором присутствуют даже коэффициенты аппроксимации всех видов приведенных зависимостей, в том числе и кривых намагничивания, процедура выбора магнитопровода начинается с определения эквивалента энергетической емкости дросселя (произведения индуктивности на квадрат максимального тока –  $LI^2$ ). После этого по графикам, один из

которых приведен на Рисунке 12, для конкретного материала выбирается уже конкретный типоразмер.

С одной стороны – все просто: произведение  $LI^2$  можно определить на основе известной величины преобразуемой энергии ( $LI^2 = 2W_{ИМП}$ ), но это справедливо лишь для граничного режима, в котором энергетическая емкость дросселя используется на 100%. Для безразрывного режима, при котором коэффициент использования сердечника меньше необходим магнитопровод с большей энергетической емкостью. Кроме того, на следующем шаге расчета по известной индуктивности  $L$  определяется количество витков, а она на данном этапе расчета пока не известна. Получается, что такой метод выбора изначально ограничен и подходит не ко всем приложениям, о чем в каталоге не сказано ни слова. Все это лишь лишний раз доказывает, что в методике расчета импульсных преобразователей электрической энергии все еще много «белых пятен» и нестыковок, которые необходимо постепенно и последовательно устранять. **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](#)

*Продолжение темы в следующем номере*



# Перспективные решения РТ Electronics и партнеров. Модули для беспроводных приложений компании Cinterion/GEMALTO

*Юрий Петропавловский*

**К** своему 20-летию в 2012 году компания «ПетроИнТрейд» сменила название на PT Electronics (организационно холдинг ООО «ПТ Электроникс») и определила новую стратегию развития на пятилетку. Название «ПетроИнТрейд» было сохранено только для вновь организованной отдельной компании, занимающейся работой исключительно с клиентами оборонно-промышленного комплекса.

Новая стратегия холдинга PT Electronics на период до конца 2016 года предусматривала ряд организационных мероприятий, а также выход компании на зарубежные рынки и открытие представительств в Европе с ориентацией на стиль работы ведущих мировых дистрибьюторов электронных компонентов, таких как EBV Elektronik и Arrow Electronics. В рамках новой стратегии компания перешла от политики «ключевых клиентов» (Key Account) к классической политике «формирования спроса» (Demand Creation), то есть от решения запросов клиентов к продвижению инновационных продуктов ведущих мировых производителей электронных компонентов. В период действия новой стратегии компания

заключила контракты с рядом новых брендов, например Linear Technology, SEMIKRON, Cinterion, GE Energy.

Изменился подход компании и к системе контрактного производства; для этой цели в холдинге была создана компания PT Technology, нацеленная на предпроизводственный консалтинг производства и выстраивание единой цепочки – клиент – поставщики компонентов – контрактные производства. Такой подход позволяет эффективно реализовывать внедрение инновационных продуктов ведущих мировых производителей компонентов в реальные продукты, выпускаемые на российских предприятиях.

Компания Cinterion Wireless Modules GmbH (Мюнхен, Германия), созданная в 1995 году, в 2010 году была приобретена холдингом Gemalto и стала подразделением Gemalto M2M. Дистрибьюторский договор с Gemalto M2M на поставку продукции под брендом Cinterion PT Electronics заключила в 2012 году. В настоящее время компания Gemalto M2M является мировым лидером на рынке модулей для беспроводной межмашинной связи M2M (Machine-to-Machine).

Продукты компании позволяют различным стационарными и мобильным устройствам обмениваться данными через сотовые сети связи с использованием соединений типа E2E (Edge-to-Enterprise), используемых в «Интернете вещей» (IoT). В отличие от сотовых технологий потребительского уровня, устройства для M2M Cinterion рассчитаны на длительную (не менее 10 лет) эксплуатацию в жестких условиях окружающей среды с большими перепадами температур, высокой влажностью, вибрационными и ударными воздействиями. Основные области применения технологий M2M: интеллектуальная энергетика, автомобилестроение, транспорт, мобильное здравоохранение, системы безопасности, платежные системы, отслеживание объектов и другие.

Корпорация (холдинг) Gemalto NV (Амстердам, Нидерланды) возникла в 2006 году в результате объединения двух компаний – Axalito (Париж, Франция) и Gemplus International (Люксембург). К настоящему



**Рисунок 1.** Терминал Gemalto в торговых автоматах.

времени компания представлена в 47 странах, в том числе в России, число сотрудников превысило 15,000 (3,000 инженеров). Gemalto представляет решения в следующих областях: банкинг и платежи, государственные проекты, корпоративная безопасность, «Интернет вещей», мобильные решения, монетизация ПО, автомобильные решения, транспорт. В качестве примера на Рисунке 1 показано применение терминалов компании Cinterion IoT Terminal в торговых автоматах. Такие терминалы могут работать в сетях 2G, 3G, LTE, 4G. Приборы оснащены интерфейсами Ethernet, USB 2.0, RS-232, GPIO, I<sup>2</sup>C, а также разъемами для телефонных линий и подключения антенн.

Компания Gemalto M2M выпускает продукты для направления M2M преимущественно под торговой маркой Cinterion. Российское подразделение компании при участии PT Electronics обеспечивает поддержку заказчиков не только по вопросам поставки продуктов, но и оказывает помощь разработчикам в решении сложных технических задач и проведении тестирования изделий в своей лабораторно-научной базе в Берлине на электромагнитную совместимость, вибростойкость и ударопрочность, воздействие высокой влажности и перепадов температур. В ассортименте PT Electronics представлено несколько типов интегральных модулей, предназначенных для работы в сотовых сетях 2G, 3G, LTE, 4G

**Cinterion BGS2** (представлен в 2012 году) – интегральный GSM модуль для сетей 2G, выполненный в корпусе LGA с размерами 18.8 × 26.7 × 2.7 мм, на момент создания являлся самым миниатюрным в мире модулем для GSM M2M приложений. Основные сферы применения модулей: энергоучет, системы безопасности, торговые автоматы, платежные терминалы, банкоматы, персональные трекеры, портативные медицинские устройства и многие другие. Модули выполнены по технологии, позволяющей обеспечивать прямую связь между M2M устройствами, датчиками и навигационными приемниками. Приборы выпускаются в двух исполнениях – для Северной Америки BGS2-W (GSM850/900/1800/1900, GPRS класс 10) и для Европы BGS2-E (GSM900/1800, GPRS класс 8). Основной чипсет модулей выполнен по технологическим нормам 65 нм, благодаря чему модуль отличается высокой энергоэффективностью и высоким быстродействием. Используемый стек TCP/IP (сетевой модуль



**Рисунок 2.** Внешний вид модуля BGS2.

передачи данных, созданный в 1972 году Винтоном Серфом), обеспечивает работу во всех регионах России. Внешний вид модуля показан на Рисунке 2.

Основные параметры и возможности прибора:

- Сервисы TCP/IP стека:
  - TCP сервер/клиент,
  - UDP (User Datagram Protocol – протокол пользовательских датаграмм),
  - HTTP (Hyper Text Transfer Protocol – протокол передачи «гипертекста»),
  - FTP (File Transfer Protocol – протокол передачи файлов),
  - SMTP (Simple Multi Transfer Protocol – простой протокол передачи почты),
  - POP3 (Post Office Protocol Version 3 – интернет-протокол для получения электронной почты);
- Интерфейсы и разъемы:
  - антенный вход 50 Ом,
  - UICC (для SIM карты),
  - 8 GPIO (интерфейс ввода/вывода общего назначения) 1.8 В, 2 GPIO 2.8 В,
  - 2 последовательных порта (ASC0/ASC1),
  - АЦП/ЦАП (ШИМ);
- Выходная мощность передатчика +30-33 дБм;
- Напряжение питания 3.3-4.5 В;
- Программное обеспечение:
  - RIL для Pocket PC и смартфонов (Microsoft-совместимое),
  - TCP/IP, AT Commands для управления,
  - SAT Release 99 для SIM-приложений;
- Таймер реального времени (управление через AT команды);
- Телефонная книга (SIM и модуль);
- Поддержка криптографического протокола защиты данных TLS Security.

**Cinterion EHS5** (2013 г.) – на момент создания самый маленький в мире 3G модем для M2M приложений, совместимый по выводам с модулем BGS2. Главной особенностью модуля является наличие встроенной виртуальной Java машины, позволяющей разработчикам аппаратуры использовать собственные приложения. Разработчик может написать собственную программу на языке Java, что позволяет использовать модуль в качестве микроконтроллера. Модуль отлично подходит для приложений, требующих передачи больших объемов данных, таких как фото и видео, например, в устройствах фото- и видеофиксации. Модули выпускаются в исполнениях для США (EHS-US, диапазоны 850/1900 МГц) и Европы (EHS-E, 900/2100 МГц). Структура и внешний вид модулей примерно такие же, как показанные на Рисунке 2.

Основные функциональные возможности и характеристики приборов:

- Поддерживаемые форматы связи – GSM (3G), GPRS класс 12, EDGE, HSPA+, UMTS; здесь EDGE – надстройка к технологии GSM 2G с модуляцией 8PSK, HSPA+ – высокоскоростной пакетный доступ в сетях 3G, UMTS – универсальная мобильная телекоммуникационная система (разработана Европейским Институтом Стандартов Телекоммуникаций ETSI);
- Технология передачи данных CSD (Circuit Switch Data) со скоростью 9.6 кбит/с, встроенный протокол TCP/IP;
- Драйверы – Linux, Android, Windows, технология обновления прошивок программного обеспечения по «воздуху» FOTA;
- Криптографические протоколы шифрования SSL (Security Sockets Layer – уровень защиты сокетов) и TLS (Transport Layer Security), обеспечивающие надежную защиту передаваемых данных;
- Скорость передачи/приема данных 7.2/5.76 Мбит/с;
- Поддерживаемые интерфейсы – USB 2.0 HS (480 Мбит/с), RS-232, последовательные ASC0, ASC1, 4 GPIO, 8 Мбайт флеш, 2 Мбайт PSRAM (динамическая оперативная память), I<sup>2</sup>C, АЦП/ЦАП, UICC и U/SIM (для SIM-карт);
- Встроенный модуль для телетайпа TTY и голосовые кодеки FR, HR, EFR, AMR;

- Возможность сканирования сети и одновременного запуска нескольких приложений.

**Cinterion BGS5** (2013 г.) – совместимый по выводам с BGS2 модуль, отличающийся наличием встроенной виртуальной машины Java ME Embedded и большим набором аппаратных интерфейсов. Модуль предназначен для применения в системах автоматического снятия показаний счетчиков, автоматизированных системах коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), автоматизированных системах управления наружным освещением (АСУНО), в которых каждый осветительный прибор управляется индивидуально. Приборы также могут найти применение в блоках охранно-пожарной сигнализации, в торговых и почтовых терминалах, кассовых аппаратах и терминалах оплаты.

Несколько модулей Gemalto M2M ориентированы на применение в системах экстренного реагирования при чрезвычайных ситуациях. Российская государственная система экстренного реагирования при авариях ЭРА-ГЛОНАСС технологически совместима с европейской системой eCall аналогичного назначения. ЭРА-ГЛОНАСС имеет две составляющие: наземную инфраструктуру оператора системы и устройства в транспортных средствах (приемники ЭРА-ГЛОНАСС). В приемниках имеется навигационная часть, обеспечивающая определение координат транспортного средства по сигналам спутниковой системы ГЛОНАСС (или GPS), модуль сотовой связи и устройство для определения аварийных столкновений. В случае тяжелых аварий приемник автоматически посылает сигнал бедствия через сотовую сеть любого оператора (в системе задействованы все операторы). Имеется возможность связаться



**Рисунок 3.** Приемник системы ЭРА-ГЛОНАСС.

с оператором ЭРА-ГЛОНАСС вручную с помощью кнопки SOS. Один из приемников системы показан на Рисунке 3. С 2018 года наличие приемников ЭРА-ГЛОНАСС стало обязательным практически для всех новых автомобилей и других транспортных средств, продаваемых на территории России.

**Cinterion AHS2** (2013 г.) – совмещенный 3G/GSM + ГЛОНАСС модуль для работы в системе ЭРА-ГЛОНАСС, выполненный в корпусе размерами 33 × 29 × 2.4 мм (Рисунок 4). Основой модуля является чипсет компании Qualcomm, обеспечивающий высокоскоростную связь в форматах HSPA+/UMTS и выдачу навигационных данных по протоколу NMEA. Прибор оснащен аналоговыми выходами для подключения динамика и микрофона, двумя антенными входами для приемников GSM/UMTS и ГЛОНАСС. Для реализации приемника ЭРА-ГЛОНАСС на основе AHS2 требуется минимальное число внешних компонентов.



**Рисунок 4.** Модуль AHS2.

Основные особенности, функциональные возможности и характеристики модуля AHS2-E:

- Поддержка eCall и ЭРА-ГЛОНАСС, определение координат в системах GPS/A-GPS и ГЛОНАСС по протоколу NMEA;
- Диапазоны частот GSM 900/1800 МГц, UMTS (WCDMA/FDD) 900/2100 МГц;
- Чувствительность приемника GPS/ГЛОНАСС более –155 дБ;
- Скорость передачи/приема данных 5.7/14.4 Мбит/с;
- Интерфейсы:
  - USB 2.0,
  - десять GPIO,
  - I<sup>2</sup>C,



- UICC/SIM,
- два антенных разъема для GSM/UMTS,
- антенный разъем для ГЛОНАСС/GPS;
- Функции диагностики звукового и антенных трактов, управления питанием и доступом к SIM.

**Cinterion PLS8** LTE (2014 г.) – LTE модуль четвертого поколения, выполненный в корпусе с размерами 29 × 33 × 2 мм. Внешний вид исполнения PLS8-E, установленного на отладочную плату, показан на Рисунке 5. Основной особенностью модуля является поддержка беспроводной широкополосной связи стандарта LTE со скоростью передачи/приема данных 50/100 Мбит/с. Кроме традиционных для M2M сфер применения, модули PLS8 отлично подходят для приложений, требующих большой пропускной способности, например, для потокового видео, высококачественных охранных и мультимедийных систем.



**Рисунок 5.** Модуль PLS8.

Основой модуля является чипсет компании Qualcomm с трактом LTE/UMTS и навигационным приемником сигналов спутниковых систем GPS/A-GPS/ГЛОНАСС, для связи с хост-процессором используется скоростной USB-интерфейс.

Модули PLS8-E обеспечивают работу в следующих стандартах и видах беспроводной связи: GSM/GPRS (900/1800 МГц), LTE (800/900/1800/2600 МГц), HSPA+, UMTS (900/1800/2100 МГц), EDGE. Программное обеспечение поддерживается в операционных системах Windows, Linux, Android.

**Cinterion BGS8** (2014 г.) – 2G GSM/GPRS модуль со встроенной навигацией GPS/ГЛОНАСС на основе чипсета Intel. От модели

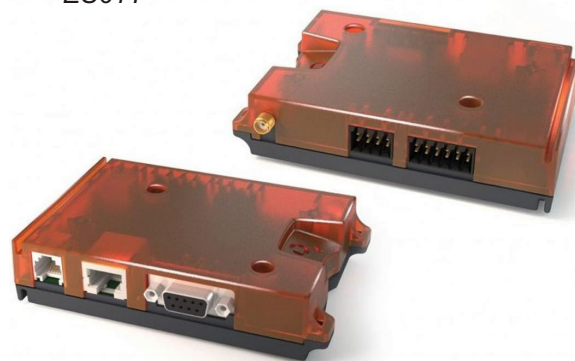
BGS2 отличается пониженным энергопотреблением – пиковый ток не более 1.6 А, в спящем режиме – 1.2 мА, основные характеристики и сферы применения – как у BGS2.

**Cinterion ELS31** (2015 г.) – LTE модуль в форм-факторе модулей BGS2 и EHS5. Данный прибор является первым LTE-модулем первой категории (LTE Cat 1) для работы в сетях 4G/LTE и предназначен для промышленных решений в сфере «Интернета вещей», таких как системы слежения и управления перевозками, мобильные технологии для здравоохранения, системы автоматизации, «Умный дом», АСКУЭ, измерительные системы и многие другие.

Кроме модулей Gemalto выпускает и законченные изделия – M2M терминалы на основе собственных модулей. Например в каталоге компании 2019 года представлены терминалы ELS61T/ELS31T на основе модулей ELS61/ELS31, EHS6T на основе моделей EHS6, BGS5T на основе моделей BGS5, BGS2T (модуль BGS2). Внешний вид этих терминалов показан на Рисунке 6.



**ELS61T**



**EHS6T**

**Рисунок 6.** Терминалы Gemalto.

**Cinterion ELS61T** – M2M терминал на основе 4G/LTE модуля первой категории ELS61 с поддержкой сетей 3G/2G. Терминал



**Рисунок 7.** Умный город Gemalto.

предназначен для промышленных M2M приложений, торговли, систем безопасности и «интеллектуальных городов». На Рисунке 7 показан пример такого города в представлении Gemalto. К особенностям терминала относятся такие возможности, как питание через интерфейс Ethernet (PoE – Power over Ethernet), встроенная Java машина для разработки приложений, гибкая процедура монтажа для быстрого и простого внедрения.

Основные возможности и характеристики терминала:

- Поддержка высокоскоростной пакетной передачи данных HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) в сетях 3G;
- Диапазоны часто 4G/LTE, 3G, 2G (в зависимости от регионов поставки);
- Скорости приема/передачи данных 10.3/5.2 Мбит/с (для исполнения ELS61T-E);
- Поддержка GPRS класс 12 со скоростью приема/передачи данных 85.6 кбит/с, SMS-текста;
- Интерфейсы – Ethernet (с PoE), высокоскоростной последовательный, 20 GPIO, опциональный встроенный SIM чип, RS-232;
- Напряжение питания 8-30 В, габариты 115 × 86 × 26 мм, вес 130 г.

В России беспроводные терминалы, спутниковые трекеры и оборудование для M2M и «Интернета вещей» разрабатывает, производит или поставляет целый ряд компаний, в продукции которых используются и M2M модули Cinterion. Широкому распространению M2M решений способствуют и ведущие российские операторы сотовой связи, активно продвигающие M2M услуги и SIM-карты потребителям. Например, Мегафон развивает услуги связи по технологии NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) – стандарту сотовой связи для устройств телеметрии с малым объемом обмена данными. Этот стандарт разработан консорциумом 3GPP. В декабре 2017 года ГКРЧ России принял решение о предоставлении частот для NB-IoT в различных участках диапазонов, выделенных для сотовой связи (в узких участках от 453 МГц до 2690 МГц).

Компания Мегафон с партнерами (Huawei, «Большая Тройка») в марте 2017 года впервые в России продемонстрировала работоспособность технологии NB-IoT в приложении к ЖКХ для обеспечения автоматической передачи данных счетчиков потребления ресурсов в управляющие компании. Жителям, перешедшим на новую технологию, не при-

дется вручную снимать показания счетчиков, а получать необходимую статистику они смогут с помощью специального приложения.

Не отстают от Мегафона и другие компании. МТС в конце 2018 года начала развертывание сетей NB-IoT, ориентированные на B2B (Business to Business) решения для «умного дома» и «умного города» в таких направлениях, как ЖКХ, безопасность и мониторинг. К

началу 2019 года запуск сетей уже состоялся не только во всех городах-миллионщиках, но и в других городах России.

Билайн в 2018 году запустила в тестовом режиме сервис NB-IoT на нескольких базовых станциях Москвы и Новосибирска и планирует быстро расширить охват на всю сеть. В планах Теле 2 также намечено развертывание сетей NB-IoT. **РЛ**

# Мостовой измеритель относительной влажности на основе конденсатора с цифровым программированием

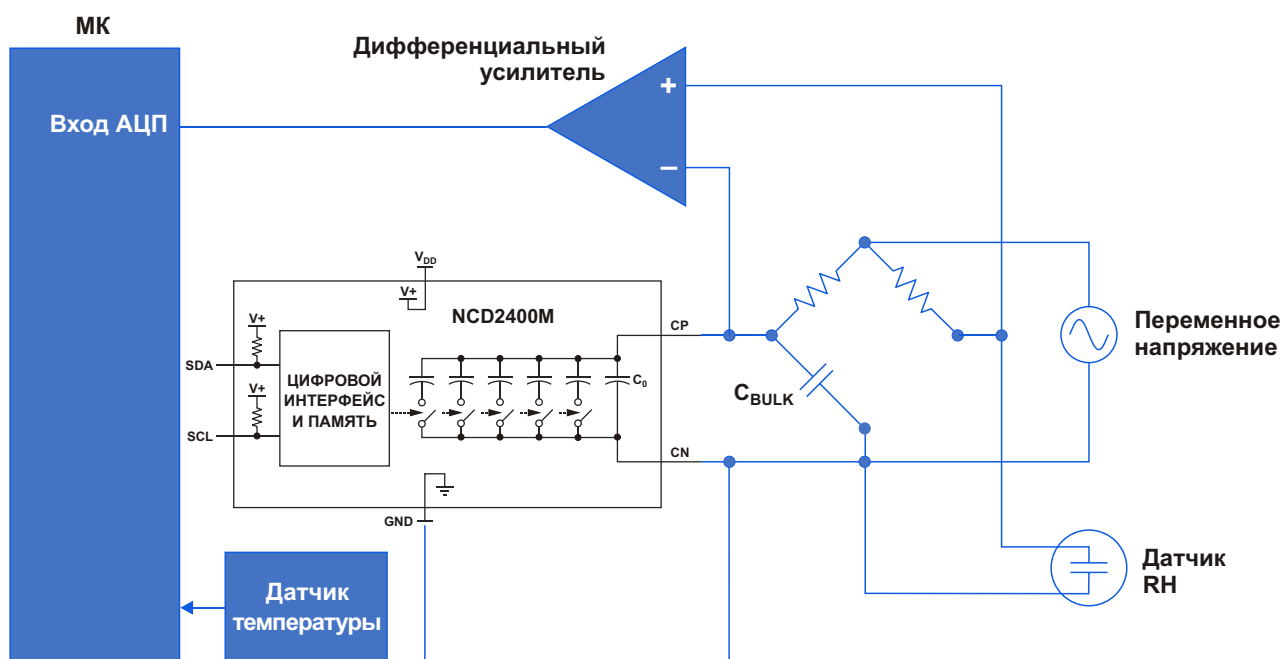
Michael Gambuzza

EDN

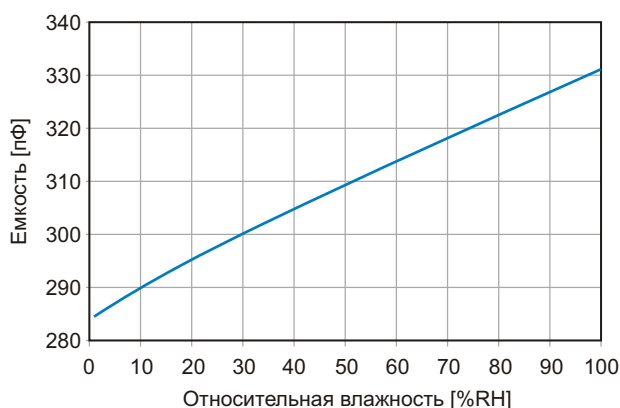
Схему моста переменного тока можно использовать для измерения неизвестной емкости датчика, такого, например, как датчик относительной влажности (RH). В основе некоторых датчиков RH лежит зависимость емкости от относительной влажности. Обычно изменение емкости в диапазоне RH от 0% до 100% довольно мало. Использование мас-

сива конденсаторов NCD2400 с цифровым программированием и высоким разрешением шага может помочь в определении величины неизвестной емкости и RH, если включить эту емкость в стандартную мостовую схему переменного тока.

NCD2400 – это управляемое по интерфейсу I<sup>2</sup>C устройство в миниатюрном корпусе DFN



**Рисунок 1.** Использование массива конденсаторов NCD2400 с цифровым программированием и высоким разрешением шага может помочь в определении величины неизвестной емкости и RH, если включить эту емкость в стандартную мостовую схему переменного тока.



**Рисунок 2.** Относительной влажности 0% соответствует емкость примерно 270 пФ.

Данные в микросхему записываются по стандартной двухпроводной шине I<sup>2</sup>C. Типовая схема измерителя RH показана на Рисунке 1.

Схема работает как простой мост переменного тока с согласованными сопротивлениями резисторов и источником стабильной фиксированной частоты. Значение емкости конденсатора  $C_{BULK}$  конкретного датчика относительной влажности при 0% RH можно зафиксировать. Например, на Рисунке 2 эта емкость равна 270 пФ. Если установить в мост постоянный конденсатор примерно такой емкости, емкость микросхемы NCD2400, выход которой подключен параллельно конденсатору, нужно будет изменять от 12.5 пФ до 60 пФ шагами, которые для NCD2400 составляют по 355 фФ. (В данном примере – 133 дискретных значения). Эта управляемая емкость соответствует диапазону от 282.5 пФ до 330 пФ или, согласно графику на Рисунке 2, от 0% до 100% RH.

Последовательная запись соответствующих кодов в NCD2400 изменяет емкость от низкого значения до высокого, а дифференциальный усилитель выводит разностное напряжение моста в АЦП. Когда АЦП микроконтроллера обнаруживает минимумы

напряжения, значение емкости NCD2400 соответствует емкости датчика RH. В этот момент значение конденсатора можно использовать для определения относительной влажности.

## Калибровка

Калибровка системы имеет решающее значение, и для определения градуировочной кривой датчика устройство обычно калибруется в камере влажности. Поскольку зависимость емкости от RH не обязательно является линейной, калибровка, скорее всего, даст квадратичную передаточную функцию вида

$$RH = AC_p^2 + BC_p + C,$$

где

$CP$  – емкость датчика;

$A, B, C$  – коэффициенты. Подстановка в передаточную функцию значения емкости, полученного с использованием NCD2400, вместо  $CP$ , и обнуление схемы дадут результирующую величину RH. Результат измерения RH, а также значение, измеренное датчиком температуры на Рисунке 1, затем используются для расчета скорректированной величины RH, учитывающей температурную поправку, что позволяет получить наибольшую точность результата.

Измерение RH является сложной задачей, и следует принимать во внимание все неопределенности измерений. К счастью, если калибровка выполняется на системном уровне, многие паразитные емкости и импедансы ветвей компенсируются, и воспроизводимость результатов становится хорошей. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet IXYS NCD2400M](#)

# Как преобразовать интенсивность освещения в электрическую величину

Thomas Brand, Analog Devices

Analog Dialogue



## Вопрос:

Как измерить интенсивность освещения, создаваемого различными источниками света?

## Ответ:

Возьмите красный, зеленый, синий светодиод.

Определение уровня освещенности может иметь большое значение, например, при разработке схемы освещения комнаты или при подготовке к фотосессии. Однако в эпоху Интернета вещей (IoT) это также играет важную роль в так называемом умном сельском хозяйстве. Одной из ключевых задач здесь является мониторинг и контроль важнейших параметров растений, способ-

ствующих их максимальному росту и ускорению фотосинтеза. Таким образом, свет является одним из наиболее важных факторов. Большинство растений обычно поглощает свет в красной, оранжевой, синей и фиолетовой областях видимого спектра. Как правило, на длинах волн, соответствующих зеленой и желтой областям спектра, свет отражается и лишь незначительно способствует росту. Контролируя в разных частях спектра количество падающего света на разных этапах жизни растения, можно до максимума увеличить скорость его роста и, в конечном итоге, увеличить урожай.

Соответствующая схема для измерения интенсивности света в видимом спектре, в котором растения являются фотосинтетически активными, показан на Рисунке 1. Здесь используются три разноцветных фотодиода (зеленый, красный и синий), реагирующие на свет с различными длинами волн. Интенсивность света, измеренная с помощью фотодиодов, теперь может использоваться для управления источником света в соответствии с требованиями соответствующих растений.

Показанная здесь схема состоит из трех каскадов точных преобразователей ток-напряжение (транsimpедансных усилите-

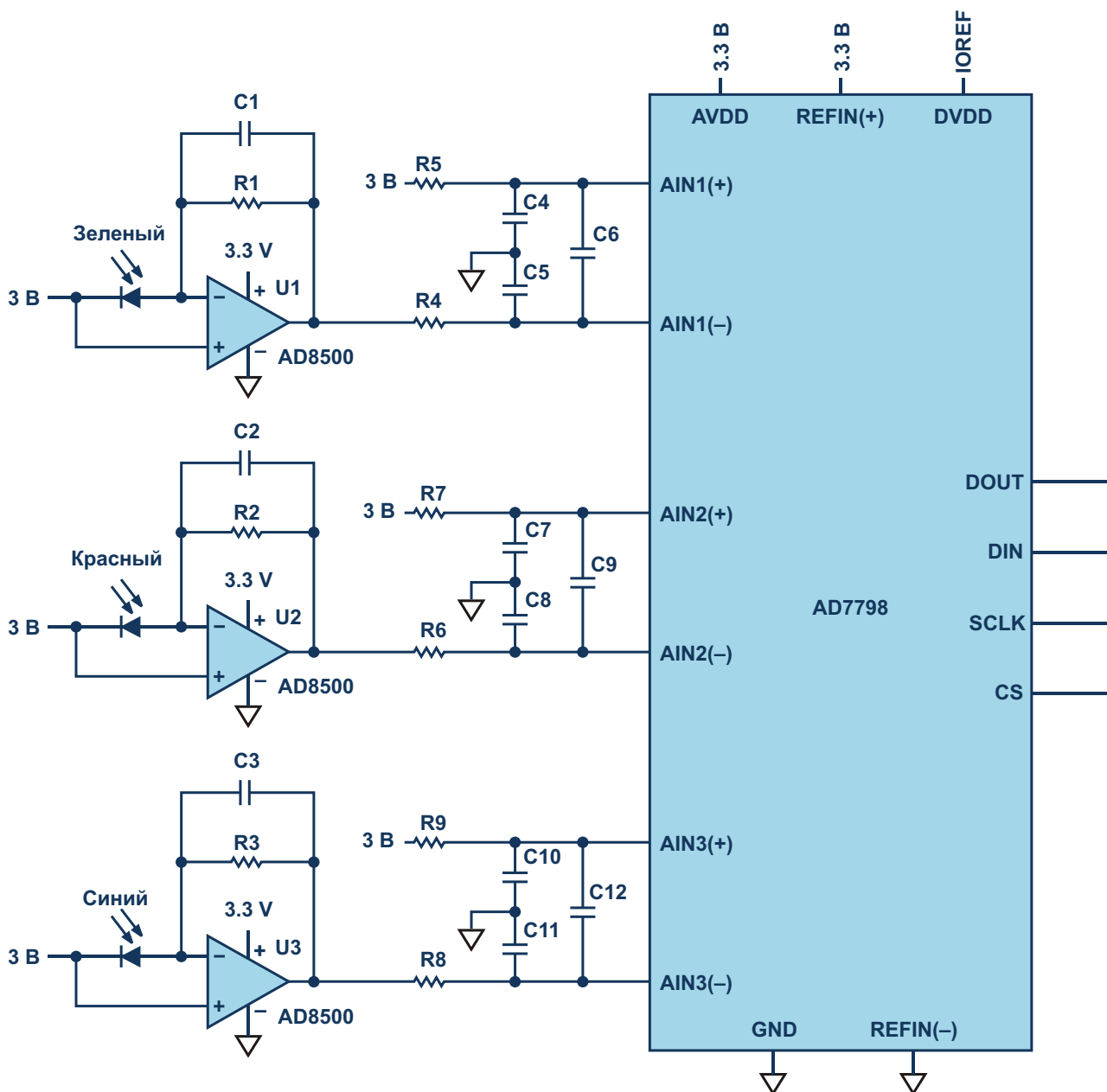


Рисунок 1. Схема для измерения интенсивности освещения.

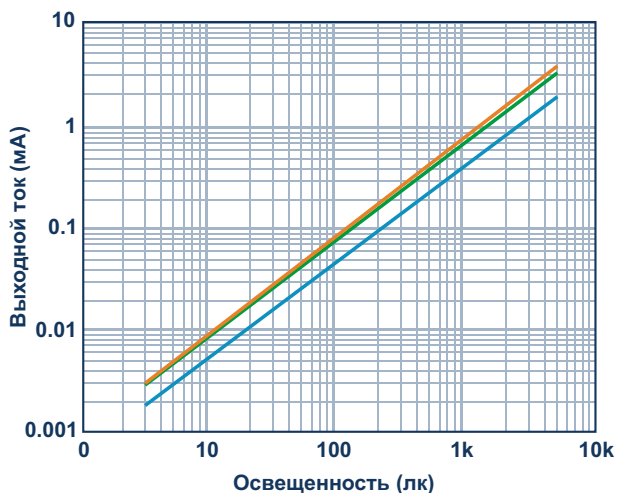
лей), по одному для каждого из цветов: зеленого, красного и синего. Они подключены к дифференциальным входам - аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который, например, в цифровой форме передает измеренные значения в микроконтроллер для дальнейшей обработки.

### Преобразование освещенности в ток

В зависимости от интенсивности света, через фотодиоды протекает больше или меньше тока. Зависимость тока от освещенности приблизительно линейна, что видно из

Рисунка 2. На этом рисунке показаны зависимости выходных токов от уровня освещенности для красного (CLS15-22C/L213R/TR8), зеленого (CLS15-22C/L213G/TR8) и синего светодиодов (CLS15-22C/L213B/TR8).

Однако относительная чувствительность красного, зеленого и синего диодов различна, поэтому усиление каждого каскада должно определяться отдельно через сопротивление обратной связи  $R_{FB}$ . Для этого ток короткого замыкания ( $I_{SC}$ ) каждого диода должен быть взят из таблицы данных, а затем из него определена чувствительность  $S$  (пА/лк) в



**Рисунок 2.** Зависимости выходных токов от уровня освещенности для красного, зеленого и синего фотодиодов.

рабочей точке.  $R_{FB}$  затем рассчитывается следующим образом:

$$R_{FB} = \frac{V_{FS,P-P}}{S \cdot INT_{MAX}}$$

где

$V_{FS,P-P}$  – желаемый полный диапазон выходных напряжений (напряжение полной шкалы, пик-пик),

$INT_{MAX}$  – максимальный уровень освещенности, равный 120,000 лк для прямого солнечного света.

## Преобразование тока в напряжение

Для высококачественного преобразования тока в напряжение желательно иметь операционный усилитель с минимальным током смещения, поскольку выходной ток фотодиода находится в диапазоне пикоампер и, следовательно, может вызвать значительные ошибки. Кроме того, напряжение смещения также должно быть низким. Хорошим выбором для таких приложений будет выпускаемая Analog Devices микросхема AD8500 с типовым током смещения 1 пА и максимальным напряжением смещения 1 мВ.

## Аналого-цифровое преобразование

Для дальнейшей обработки измеренных значений ток фотодиода, который сначала был преобразован в напряжение, должен

быть передан в микроконтроллер в цифровом виде. Для этих целей можно использовать АЦП с несколькими дифференциальными входами, такой, например, как 16-битный АЦП AD7798. Выходной код для измеренного напряжения выражается следующим образом:

$$\text{Code} = \frac{2^N \cdot A_{IN} \cdot \text{GAIN}}{V_{REF}},$$

где

Code – выходной код,

$A_{IN}$  – входное напряжение,

N – количество бит,

GAIN – коэффициент передачи внутреннего усилителя,

$V_{REF}$  – напряжение внешнего опорного источника.

Для еще большего уменьшения шума к каждому из дифференциальных входов АЦП подключен синфазный и дифференциальный фильтр.

Все изображенные компоненты потребляют чрезвычайно мало энергии, что делает схему идеальной для использования в полевых условиях в устройствах с батарейным питанием.

## Заключение

Необходимо учитывать источники ошибок, такие как токи смещения и напряжения смещения компонентов. Кроме того, влиять на качество и, следовательно, на результаты измерений могут неправильно подобранные коэффициенты усиления каскадов преобразователей. С помощью схемы, показанной на Рисунке 1, интенсивность освещения сравнительно простым способом может быть преобразована в электрическую величину для дальнейшей обработки данных. **РЛ**

## Материалы по теме

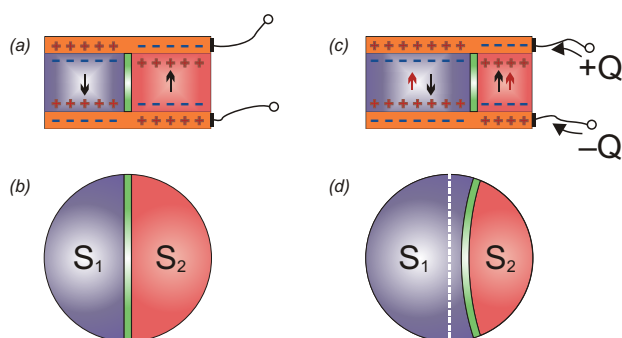
1. [Datasheet Analog Devices AD7798](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD8500](#)
3. [Datasheet Everlight CLS15-22C/L213R/TR8](#)
4. [Datasheet Everlight CLS15-22C/L213G/TR8](#)
5. [Datasheet Everlight CLS15-22C/L213B/TR8](#)



# Отрицательная емкость МОЖЕТ ПОВЫСИТЬ эффективность компьютеров и солнечных батарей

PowerPulse

Отрицательная емкость дважды за последнее время оказывалась в центре внимания. Во-первых, как технология, потенциально открывающая путь к более эффективным вычислениям, а во-вторых, как способ повышения КПД и стабильности перовскитных солнечных элементов.



Проявив немного изобретательности в области физики, международная группа ученых разработала способ маломасштабного перераспределения электроэнергии, что потенциально открывает новые пути для исследований в области более энергоэффективных вычислений. Приведенное изображение показывает движение доменной стенки (a-c и b-d) в конденсаторе при увеличении заряда на одной из сторон (c). Происходящее вследствие этого перераспределение доменной стенки вызывает эффект отрицательной емкости. (Изображение предоставлено Аргоннской национальной лабораторией).

В новом исследовании ученые из Аргоннской национальной лаборатории Министерства энергетики США совместно с коллегами из Франции и России создали постоянный статический «отрицательный конденсатор» – устройство, сама возможность существования которого всего лишь десятилетие назад считалась нарушением физических законов.

В то время как ранее предложенные конструкции отрицательных конденсаторов работали на временной, переходной основе, новая концепция отрицательных конденсаторов, разработанная в Аргоннской лаборатории, работает как устойчивое, обратимое устройство.

Исследователи обнаружили, что последовательное соединение отрицательного конденсатора с положительным конденсатором позволяет локально повышать напряжение на положительном конденсаторе до уровня, превышающего общее напряжение системы. Таким образом, они могли бы распределять электричество по тем областям схемы, где требуется более высокое напряжение, в то время как вся схема работала бы при более низком напряжении.

«Задача состоит в том, чтобы получать электричество там, где оно необходимо, используя его настолько мало, насколько это возможно в контролируемом статическом режиме», – отметил материаловед Аргоннской лаборатории Валерий Винокур, один из авторов исследования.

Электрическое напряжение традиционного конденсатора прямо пропорционально накопленному им электрическому заряду – увеличение количества заряда увеличивает напряжение. В отрицательных конденсаторах происходит обратное – увеличение заряда уменьшает напряжение. Поскольку отрицательный конденсатор является частью большей цепи, это не нарушает закона сохранения энергии.

«Представить себе этот принцип можно на примере работы холодильника, – отметил первый автор статьи, ученый из Университета Пикардии (Франция) Игорь Лукьянчук. – Внутри холодильника, конечно, намного холоднее, чем снаружи, но это происходит потому, что мы нагреваем остальную среду, затрачивая энергию на охлаждение холодильника».

Основным компонентом отрицательного конденсатора, предложенного Винокуром и его коллегами, является наполнитель из сегнетоэлектрического материала, подобного магниту, за исключением того, что он имеет внутреннюю электрическую поляризацию, а не магнитную ориентацию.

«В сегнетоэлектрической наночастице на одной поверхности образуется положительный заряд, а на другой поверхности отрицательный, – отметил Винокур. – Это создает электрические поля, которые пытаются деполяризовать материал».

Разделив наночастицу на два равных сегнетоэлектрических домена противоположной поляризации, разделенных границей, называемой доменной стенкой, Винокур и его коллеги смогли минимизировать влияние полного деполяризующего электрического поля. Затем, добавив заряд к одному из сегнетоэлектрических доменов, ученые сместили положение доменной стенки между ними.

Из-за цилиндрической природы наночастицы доменная стенка начала сжиматься, вызывая ее смещение за пределы новой точки электрического равновесия. «По сути, доменную стенку можно рассматривать как полностью растянутую пружину, – отметил Лукьянчук. – Когда доменная стенка из-за дисбаланса заряда смещается в одну сторону, пружина выпрямляется, и высвобождаемая энергия упругой деформации продвигает ее дальше, чем можно было бы ожидать. Этот эффект и создает статическую отрицательную емкость».

## Отрицательная емкость и перовскитные солнечные батареи

Перовскитные солнечные батареи, находящиеся в шаге от того, чтобы превзойти используемые сейчас тонкопленочные солнечные элементы, имея высокий КПД и низкую себестоимость, были бы воплощением идеальных батарей, если бы не существовало все еще не решенной проблемы их долговременной стабильности. С этим связано специфическое явление, происходящее в перовскитовых материалах и устройствах, когда очень медленные микроскопические процессы могут добавить им своего рода «эффект памяти».

Например, результат измерения КПД солнечного элемента на основе перовскита может зависеть от того, как долго устройство освещалось солнцем до измерения, или как было подано напряжение. Несколько лет назад этот эффект, известный как вольтамперный гистерезис, привел к спорам о том, каким образом можно точно определить КПД перовскитов. Другим примером этих неясных процессов является восстановление (частичное) в течение цикла день-ночь ранее деградировавшего солнечного элемента.

Такие эффекты создают проблемы при измерении зависимости параметров солнечных батарей от частоты, что является типичным способом более детальной оценки этих устройств (импедансная спектроскопия). Они приводят к большим сигналам на низких частотах (от Гц до мГц) и гигантским значениям удельной емкости ( $\text{мФ}/\text{см}^2$ ), включая странные, «нефизические» отрицательные значения, которые все еще остаются загадкой для исследовательского сообщества.

Теперь инженеры-химики из лаборатории Андерса Хагфельдта Федеральной политехнической школы Лозанны (EPFL) разгадали эту загадку. Возглавляемые Вольфгангом Трессом (Wolfgang Tress), ученым из лаборатории Хагфельдта, они обнаружили, что большие емкости перовскита не являются классическими емкостями с точки зрения накопления заряда, а просто ведут себя, как емкости из-за медленного отклика солнечных батарей.

Исследователи подтвердили это измерениями во временной области при различных скоростях изменения напряжения. Они выяснили, что причиной возникновения кажущейся

ся емкости является медленное изменение тока, проходящего через контакт солнечных элементов, который поддерживается медленным накоплением подвижного ионного заряда. Медленно увеличивающийся ток проявляется как отрицательная емкость в импедансных спектрах.

Работа проливает свет на взаимодействие между фотоэлектрическим эффектом в этих устройствах и ионной проводимостью перовскитных материалов. Достижение такого глубокого понимания в перспективе будет способствовать созданию улучшенных устойчивых перовскитных солнечных элементов. **РЛ**

# Чем отличаются друг от друга Raspberry Pi?

William G. Wong

Electronic Design

С каждой новой версией Raspberry Pi мы видели скачки в производительности и общих возможностях. Однако что конкретно отличает их всех друг от друга?



**В** продаже появился Raspberry Pi 4 (Рисунок 1). Но в чем разница между ним и его предками? Семейство построено на компактных платах, размеры которых почти не менялись с течением времени, даже при использовании



**Рисунок 1.** Raspberry Pi 4 – это новейшая плата в длинной линейке компактных модулей процессоров приложений.

более мощных процессоров и добавлении высокоскоростных интерфейсов. Они, как правило, соответствуют требованиям, предъявляемым к современным компактным модулям, включая поддержку беспроводной связи в Raspberry Pi 3. Все платы построены на основе СМК компании Broadcom с процессорными ядрами ARM. Сложной задачей было удержание цены на уровне 35 долларов.

Таблица 1 суммирует изменения в семействе Raspberry Pi. В нее не включена серия Raspberry Pi Zero, в которой отсутствует Ethernet и поддерживается минимальная память. Существует также серия модулей Pi Compute с тем же процессором и теми же интерфейсами, но в форм-факторе DIMM. Были также такие варианты, как Raspberry Pi 2 Model B и Raspberry Pi Model 3 A+.

Производительность и возможности Raspberry Pi значительно выросли. С переходом на четырехъядерный Arm Cortex-A7 характеристики оригинального 32-разрядного одноядерного ARM11 улучшились в шесть раз. Скачок к 64-битной платформе произошел в Raspberry Pi 3 с процессорным ядром Arm Cortex-A53. В последней версии использованы ядра Arm Cortex-A72.

Наиболее значительным изменением, вероятно, является увеличение объема оперативной памяти до 4 ГБ в Raspberry Pi 4. Проблема конструирования, как правило, заключается в сложности сохранения низкой цены, поэтому для приложений, не требующих большой памяти, выпускаются версии с меньшим объемом ОЗУ.

**Таблица 1.** Raspberry Pi прошла четыре основных итерации, не считая вычислительных модулей и нулевых версий, не имеющих поддержки Ethernet

	Raspberry Pi	Raspberry Pi 2	Raspberry Pi 3	Raspberry Pi 4
Год выпуска	2012	2015	2016	2019
СнК	BCM2835	BCM2836	BCM2837	BCM2711
ЦП	ARM1176JZF-S	Arm Cortex-A7	Arm Cortex-A53	Arm Cortex-A72
Число ядер ЦП	1	4	4	4
Скорость ЦП	700 МГц	900 МГц	1,200 МГц	1,500 МГц
ОЗУ	512 МБ	512 МБ или 1 ГБ	512 МБ или 1 ГБ	1, 2 или 4 ГБ
Видео	Broadcom VideoCore IV, HDMI	Broadcom VideoCore IV, HDMI	Broadcom VideoCore IV, HDMI	Broadcom VideoCore VI, два монитора до 4К, два разъема microHDMI
Внешняя память	Слот MicroSDHC в моделях A+ and B+	Слот MicroSDHC	Слот MicroSDHC	Слот MicroSDHC
Порты USB	2 в Model B	4 × USB 2.0	4 × USB 2.0	2 × USB 3.0, USB 2.0
Встроенный Wi-Fi	Нет	Нет	802.11n и Bluetooth 4.1	802.11ac/n и Bluetooth 5.0
Ethernet	100Base-T в Model B	100Base-T	100Base-T	1000Base-T

Графическим процессором в СнК Broadcom был Videocore IV, но в Raspberry Pi 4 его уже нет – теперь в СнК используется Videocore VI. Это позволяет через два разъема micro HDMI поддерживать мониторы с разрешением до 4К. На всех платформах имеется 15-контактный интерфейс камеры MIPI CSI.

Сетевые возможности также неуклонно развивались благодаря Raspberry Pi, поддерживающего Bluetooth 5.0, 802.11ac/n и Ethernet 1000Base-T. При использовании мезонинных модулей сторонних производителей становится доступной поддержка питания через Ethernet (Power-over-Ethernet – PoE).

Высокую оценку пользователей получил переход на поддержку USB 3.0 и использование разъема USB Type-C. Многим новым USB 3D камерам, таким как RealSense, выпускаемой Intel, требуется производительность USB 3.0. Система управления питанием Type-C также более надежна.

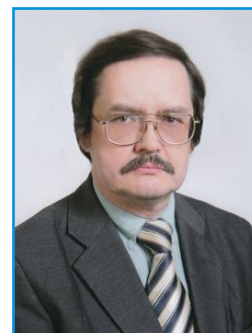
Предпочтительной операционной системой для семейства Raspberry Pi, как правило, является Linux, но на Raspberry Pi 3 и 4 может

работать и Microsoft Windows 10 IoT Core. Также доступно несколько дистрибутивов Raspberry Pi Linux.

Raspberry Pi 4 поддерживает расширение Arm TrustZone; СнК Broadcom поддерживает такие функции, как защищенная загрузка, но в Raspberry Pi они не используются. Это касается больше реализации, чем возможностей. Для обеспечения корня доверия необходим отдельный защищенный элемент. Raspberry Pi был взломан в лаборатории NASA, но это проблема связана, скорее с конфигурацией Linux, а не с необходимостью поддержки безопасной загрузки.

В будущем, скорее всего, появится Raspberry Pi 5. На данный момент, однако, доминирует Raspberry Pi 4. Он доступен в форм-факторе стандартного модуля, а также в виде модуля уменьшенного размера Raspberry Pi 4 Zero и в форме вычислительного модуля. Хотя версия с ОЗУ 4 ГБ немного дороже, она стоит своих \$55 для приложений, которым требуется больше памяти. Очевидно также, что память DDR4 быстрее и эффективнее, чем DDR2, использовавшаяся в предыдущих версиях. **РЛ**

# Кодовый замок на КМОП-элементах



Михаил Шустов, г. Томск

Приведена схема кодового замка кнопочного типа на основе цепочки элементов электронного КМОП-коммутатора CD4066 с наращиваемым уровнем секретности

**К**одовые замки [1–4] позволяют путем набора уникального кода на кнопочном табло получить доступ в помещение ограниченного доступа или открыть дверцу сейфа. Степень секретности кодового замка определяется вероятностью случайного подбора кода, а также наличием в составе кодового замка дополнительных элементов, повышающих степень его защиты.

Именно такими свойствами обладает кодовый замок, электрическая схема которого приведена на Рисунках 1 и 2.

Базовый ключевой элемент электронного кодового замка показан на Рисунке 1. Его «сердцем» является аналог слаботоочного тиристора, выполненный на элементе DA электронного КМОП-коммутатора CD4066.

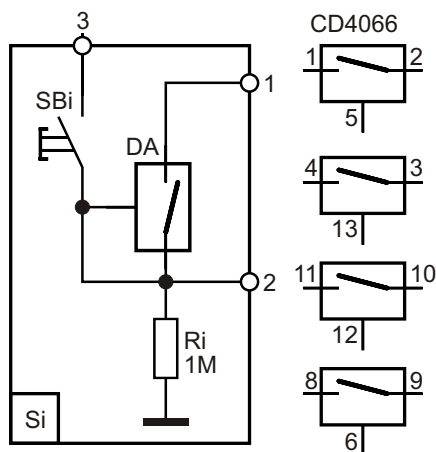


Рисунок 1. Базовый ключевой элемент электронного кодового замка.

Если на вывод 1 субблока Si подать напряжение питания, а вывод 3 соединить с источником питания и подать на управляющий вход элемента DA напряжение питания, нажав на кнопку Sbi, коммутатор замкнется и самозаблокируется. На выводе 2 появится напряжение высокого уровня (напряжение питания).

Поскольку в состав микросхемы CD4066 входят 4 идентичных коммутатора, логично задействовать в схеме кодового замка одну или две таких микросхемы. Соединив последовательную цепочку базовых ключевых элементов (Рисунок 2), можно получить уникальную комбинацию набора кнопок, обеспечивающую появление напряжения высокого уровня на выходе цепочки ключевых элементов при последовательном или одновременном нажатии «верных» кнопок.

При использовании одной микросхемы CD4066 и, соответственно, четырех ключевых элементов и четырех кнопок, им отвечающих, вероятность подбора нужной ключевой комбинации при условии, что одни и те кнопки можно задействовать не один раз, и что используются 9 кнопок набора (наборное поле  $3 \times 3$ ), составит  $1/9^4 = 1.5 \cdot 10^{-4}$ , что явно недостаточно. При использовании двух микросхем CD4066 (8 ключевых элементов и 8 кнопок) и наборного поля  $4 \times 4$  вероятность подбора кода при тех же допущениях составит  $1/16^8 = 2.3 \cdot 10^{-10}$ . Разумеется, можно сразу использовать наборное поле из 16 кнопок, из которых лишь 4 будут задействованы в наборе верного кода, тогда вероятность подбора верного кода составит  $1/16^4 = 1.5 \cdot 10^{-5}$ .

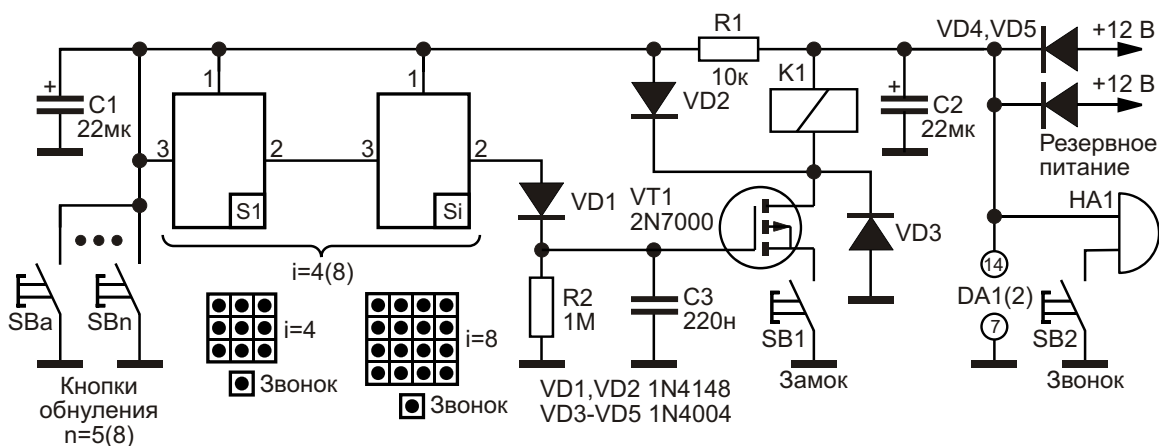


Рисунок 2. Электронный кодовый замок с кнопочным управлением.

Особенностью схемы на Рисунке 2 является то, что повторно задействовать одни и те же кнопки невозможно и, кроме того, допускается одновременное нажатие всех четырех или восьми «правильных» кнопок, что несколько снижает рассчитанную выше степень секретности замка.

Положение спасает то обстоятельство, что в схеме замка задействованы дополнительные элементы и схемотехнические решения, повышающие степень его защиты:

1. Группа «холостых» кнопок  $SBa-SBn$  подключена параллельно цепи питания базовых элементов кодового замка. Нажатие любой из них сбрасывает ранее набранный набор.
2. При нажатии на любую из «холостых» кнопок  $SBa-SBn$  конденсатор  $C1$  разряжается, в связи с чем происходит задержка времени последующего срабатывания ключевого элемента при «правильном» нажатии кнопки. Время задержки определяется постоянной  $R1C1$ -цепочки, которое можно увеличить наращиванием емкости конденсатора  $C1$  (желательно последовательно кнопкам  $SBa-SBn$  включить токоограничивающий резистор сопротивлением  $100-200 \text{ Ом}$ ).
3. В случае правильного набора кода управляющее напряжение подается на затвор транзистора  $VT1$ , однако для того, чтобы сработало реле  $K1$  (или сам замок, обмотка которого подключена вместо реле) необходимо нажать на потайную кнопку  $SB1$ , установленную, например, на ручке двер-

цы или на ней самой и замаскированную под дефект монтажа («недокрученный» шуруп, винтик и т.п.).

При выполнении всех условий замок срабатывает на время, определяемое постоянной  $R2C3$ -цепочки. Одновременно за счет диода  $VD2$  сбрасывается набор кода, что автоматически переводит замок в исходное состояние. Кнопка  $SB2$  предназначена для оповещения звонком хозяев помещения о прибытии гостей. При эксплуатации ключа стоит время от времени менять код набора. Для повышения надежности работы устройство рекомендуется питать от двух независимых источников, приоритетным из которых является источник сетевого питания, резервным – аккумуляторного или батарейного. В ждущем режиме устройство практически не потребляет электроэнергию. **РЛ**

## Литература

1. Шустов М.А. Кодовые замки // Радиолюбитель. – 1999. – № 9. – С. 24–26.
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. Шустов М.А. Кодовые замки на тиристорах // Радиоконструктор. – 2000. – № 5. – С. 21.
4. Шустов М.А. Кодовый замок // Радиомир. – 2003. – № 5. – С. 16–17.

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4066B](#)
2. [Datasheet Microchip 2N7000](#)

# Управление включением вентилятора для поддержания оптимальной температуры радиатора охлаждения

## Часть 2

Окончание. Начало в номере 06-2019

Алексей Кузьминов, Москва

Схема Рисунок 2 работает следующим образом. При включении питания, когда температура радиатора комнатная, выходное напряжение ОУ (DA2) имеет низкий уровень (потенциал «земли»). В этом случае на затворе транзистора VT1 низкий уровень, отчего транзистор заперт, в связи с чем светодиод не горит, и вентиляторы не работают. При

повышении температуры радиатора (от работы усилителя или ИП) и превышении ею верхнего порога выходное напряжение ОУ скачком переключается в высокий уровень (напряжение питания +12 В), отчего транзистор открывается, включая светодиод и вентиляторы. По мере охлаждения радиатора (от обдува вентиляторами) его температура сни-

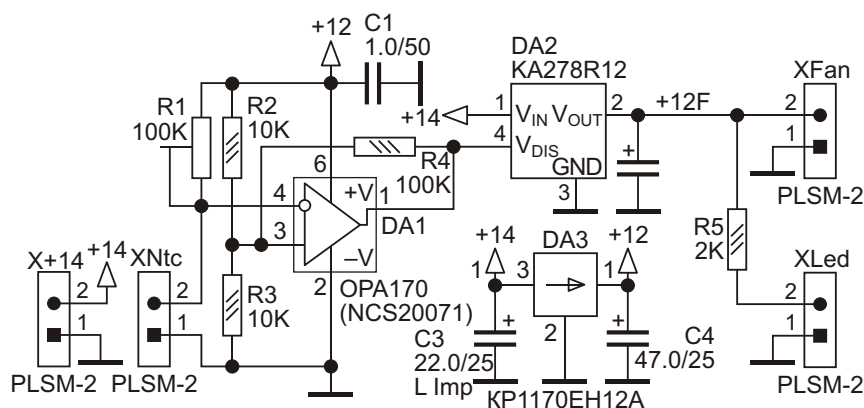


Рисунок 5. Принципиальная схема включения вентилятора с помощью ОУ и стабилизатора с функцией запрета выхода (Vdis).



жается, и когда она пересекает нижний порог, потенциал на выходе ОУ переключается в низкий уровень, отчего транзистор запирается, выключая светодиод и вентиляторы. Далее процесс повторяется.

Эта схема показала надежную работу, она не содержит труднодоступных комплектующих; их общая стоимость не превышает 100 руб. Кроме того, в связи с простотой схемы её плата легко разводится и имеет размер всего 15×23 мм (см. далее).

На Рисунке 5 приведена еще одна (более простая) схема включения вентилятора, но уже без использования полевого транзистора. В схеме применен более современный LDO-стабилизатор с выходным напряжением +12 В – KA278R12 (DA2) и максимальным током 2 А, выпускаемый в полностью изолированном корпусе TO-220F-4L. Отличительная особенность этого стабилизатора – наличие входа запрета  $V_{dis}$  (вывод 4). При подаче на этот вход сигнала низкого уровня («земли») выходное напряжение стабилизатора блокируется, а при подаче высокого уровня (вплоть до входного напряжения), например, +12 В, выходное напряжение становится равным +12 В. Наличие входа  $V_{dis}$  позволяет напрямую подключить к нему выход ОУ, и, таким образом, логика работы схемы (по сравнению со схемой Рисунок 2) остается прежней. Однако для питания самого ОУ и термистора, которые должны работать постоянно, в схеме применен еще один слаботочный LDO-стабилизатор – KP1170EH12A (DA3) с максимальным током 100 мА, выпускаемый в трехвыводном корпусе TO-92 стоимостью не более 20 руб. Микросхема KP1170EH-X является аналогом известной микросхемы LM2931-X, однако эта микросхема выпускается только для двух фиксирован-

ных напряжений: +3 В и +5 В, тогда как диапазон фиксированных выходных напряжений KP1170EH-X более широк и, в частности, содержит в себе напряжение +12 В (а именно – KP1170EH12A). В отличие от включения вентиляторов и светодиода с помощью транзистора (Рисунок 2), выходное напряжение стабилизатора DA2 (сигнал +12 F, Рисунок 5) напрямую подается на вывод «+» вентиляторов и анод светодиода (через токоограничивающий резистор R5), а вывод «-» вентиляторов и катод светодиода заземлены. В остальном схема Рисунок 5 аналогична схеме Рисунок 2. Однако в связи с большей простотой схемы её плата имеет меньший размер: 14×21 мм (см. далее). Стоимость комплектующих схемы Рисунок 5 несколько ниже стоимости комплектующих схемы Рисунок 2. Например, стоимость стабилизатора LM2940CT-12 равна стоимости стабилизаторов KA278R12 и KP1170EH12A вместе взятых; и это притом, что в схеме Рисунок 5 отсутствует транзистор (а он также стоит денег, хотя и небольших – не более 20 руб.). Схема Рисунок 5 также показала надежную работу.

## Разводка плат и их конструкция

Разводка плат сделана автором с помощью программы SprintLayout 6.0. Хотя обе платы разведены с одной стороны и могут быть изготовлены [4] с применением одностороннего фольгированного стеклотекстолита (Рисунки 6а и 7а), если имеется возможность применения двустороннего фольгированного стеклотекстолита, то платы могут иметь дополнительный земляной контур [5] (Рисунки 6б и 7б).

Плата с разводкой Рисунок 6 не имеет крепежных отверстий, поскольку держится на достаточно жестких выводах стабилизатора

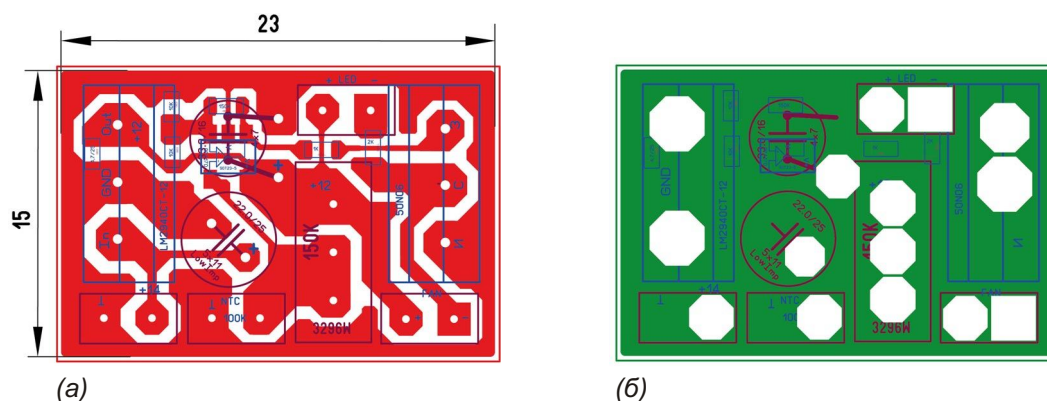
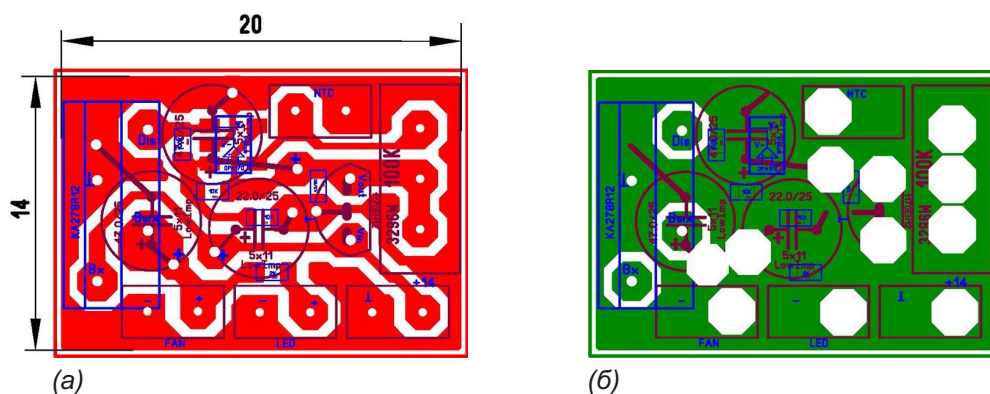


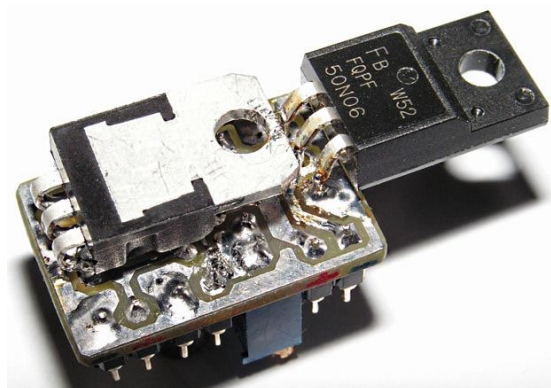
Рисунок 6. Разводка платы для схемы Рисунок 2. (а) – сторона дорожек, (б) – обратная сторона.



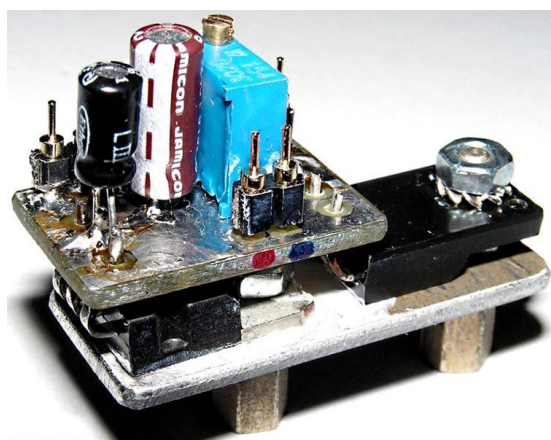
**Рисунок 7.** Разводка платы для схемы Рисунок 5. (а) – сторона дорожек, (б) – обратная сторона.

и полевого транзистора, т.е. на шести ножках (Рисунок 8). Хотя стабилизатор LM2940CT-12 (DA1, Рисунок 2) в корпусе TO-220 позволяет рассеивать мощность до 2 Вт без использования радиатора, автором было установлено, что при работе вентиляторов его корпус заметно нагревается (приблизительно до 40 °С). В связи с этим для его охлаждения

автор установил небольшой радиатор – алюминиевую пластину по площади чуть больше площади платы. Пластина имеет два отверстия диаметром 3 мм, с помощью которых она крепится двумя стойками с внешней и внутренней резьбой М3. К внешней части резьбы одной стойки (на шпильку) крепится корпус стабилизатора гайкой М3 (с применением теплопроводной пасты), а ко второй стойке – корпус транзистора, также гайкой – в качестве дополнительного крепежа (транзистор не нагревается, поэтому не требует охлаждения). Обе стойки крепятся к днищу корпуса (усилителя или ИП) винтами М3 с помощью внутренней резьбы (Рисунок 8б).



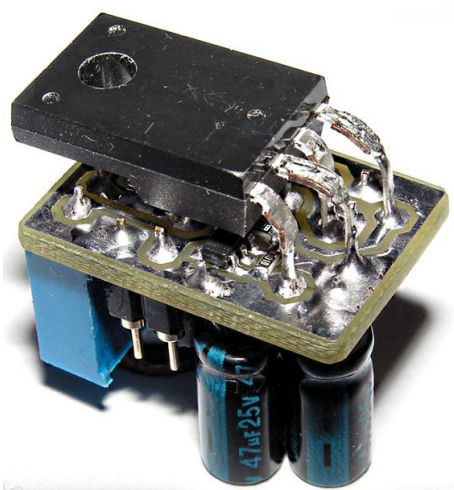
(а)



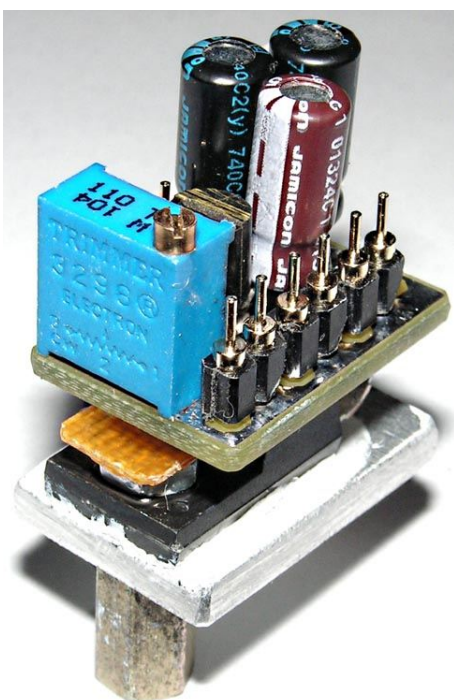
(б)

**Рисунок 8.** Фотография платы по схеме Рисунок 2. (а) – со стороны дорожек (без радиатора), (б) – с обратной стороны (в сборе).

Плата с разводкой Рисунок 7 также не имеет крепежных отверстий, так как держится на четырех выводах стабилизатора KA278R12. Эти выводы не такие жесткие, как у стабилизатора LM2940CT-12, однако в связи с тем, что их четыре, крепеж на них достаточно прочен. Для упрочнения крепежа на обратной стороне платы (в разводке) установлены дополнительные контактные площадки (Рисунок 7б), а выводы стабилизатора пропаиваются с двух сторон платы. Сам стабилизатор рассеивает без радиатора мощность около 1.5 Вт, поэтому к стабилизатору также прикручена алюминиевая пластина, по площади примерно равная площади платы. Вся конструкция крепится с помощью всего одной стойки с внутренней и внешней резьбой М3 (Рисунок 9). На гайку, которой прикручен стабилизатор к радиатору (с использованием теплопроводной пасты), приклеен «Секундным» клеем кусочек стеклотекстолита толщиной 0.5 мм (на Рисунке 9б хорошо заметен его край коричневого цвета) во избежание случайного контакта гайки с выводами компонентов.



(a)

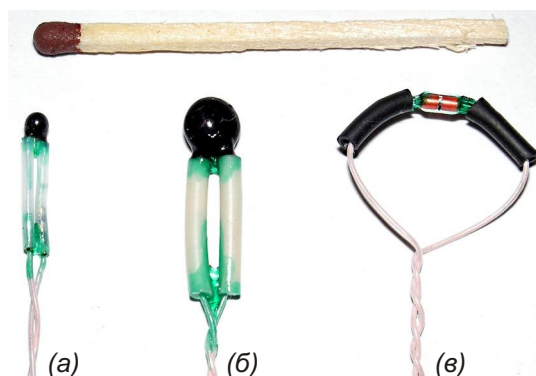


(б)

**Рисунок 9.** Фотография платы по схеме Рисунок 5. (а) – со стороны дорожек (без радиатора), (б) – с обратной стороны (в сборе).

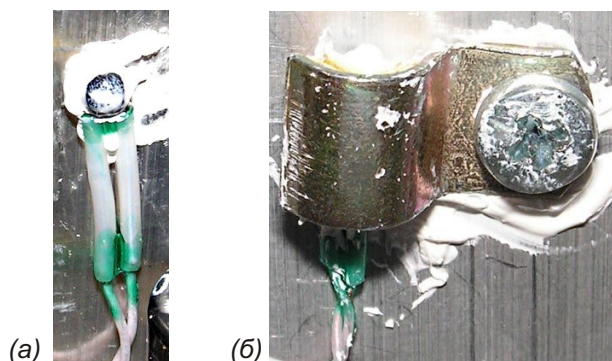
## О термисторах

Автором были приобретены три типа термисторов с номинальным сопротивлением 100 кОм: с радиальными выводами – MF52A диаметром 2 мм (Рисунок 10а) и MF11 диаметром 6.5 мм (Рисунок 10б) и с аксиальными выводами – MF58 диаметром чуть менее 2 мм (Рисунок 10в). Стоимость термисторов не превышает 20 руб. Измерение сопротивления термисторов при комнатной температуре показало, что наиболее близки к номи-



**Рисунок 10.** Внешний вид термисторов: (а) – MF52A, (б) – MF11, (в) – MF58.

налу термисторы MF52A (100.4 кОм), а вот MF11 (90.4 кОм) и MF58 (89.5 кОм) несколько отличаются от номинала. Термистор MF58, на взгляд автора, неудобен для крепежа, поэтому он был исключен из дальнейшего рассмотрения. К термисторам были припаяны провода МГТФ-0.1; на место пайки одеты ПВХ-трубки (кембрики), а для того чтобы при градуировке в воде (см. далее) сопротивление воды не оказывало влияние на показания, место контакта кембриков с корпусами термисторов и проводами для герметизации было покрыто цапонлаком (зеленого цвета). В процессе градуировки было выявлено, что термистор MF11 в несколько раз более инерционен (из-за его более габаритного корпуса), чем термистор MF52. Так, при удалении из горячей воды (см. далее) температурой 50 °С на воздух (комнатной температуры) показания MF11 достигали номинала за 6–7 секунд, а для термистора MF52A – не более 1 секунды. В связи с этим MF11 был также исключен из рассмотрения. Поэтому



**Рисунок 11.** Укрепление термисторов MF52A на радиаторе с помощью теплопроводящего клея: (а) – простое приклеивание, (б) – дополнительное прижатие скобой.

автор использовал термистор MF52A. Этот недорогой термистор из всех представленных является наиболее современным.

Термистор можно либо просто приклеить к обратной стороне (ребрам) радиатора теплопроводящим клеем, например, «Радиал» (Рисунок 11а), либо приклеить и для надежности дополнительно прижать скобой (Рисунок 11б). Автором были использованы оба способа, которые показали надежный тепловой контакт термисторов с радиатором.

## Градуировка устройств

Для градуировки к платам были подключены: питание +14 В от отдельного ИП, термистор и светодиод (вентиляторы не подключались). Далее в емкость около 200 мл была налита вода температурой чуть выше 50 °С (51 °С – 52 °С), в которую был опущен ртутный термометр с ценой деления 0.5 °С. В процессе остывания воды (со скоростью примерно 1 °С за 1.5 – 2 минуты) её температура понижалась, и как только она достигала чуть более 50 °С, в воду опускался термистор, а подстроечный резистор R1 (Рисунки 2 и 5) настраивался таким образом, чтобы при температуре 50 °С светодиод зажигался, а при более низкой – не горел. Для этого термистор периодически опускался в воду и вытаскивался из нее. После такой настройки термистор оставался в воде, светодиод горел, и по мере остывания воды наблюдались показания термометра. Как только светодиод гас, фиксировалась нижняя граница температуры по термометру.

Градуировка показала следующее. При номиналах сопротивлений R4 = 150 кОм и R2, R3 по 10 кОм (Рисунок 2), то есть, при отношении  $(R2||R3)/R4 = 1/30$  (см. уравнение 1), нижняя граница температуры составила 46 °С, а ее гистерезис составил 50 °С – 46 °С, то есть, 4 °С. При номиналах сопротивлений R4 = 100 кОм и R2, R3 по 10 кОм (Рисунок 5), то есть, при отношении  $(R2||R3)/R4 = 1/20$ , нижняя граница температуры составила 44 °С, и гистерезис, соответственно, составил 50 °С – 44 °С, т.е. 6 °С. Вот вопрос – а что лучше: 50 °С – 46 °С или 50 °С – 44 °С? Как ни странно, однозначного ответа на этот вопрос нет. Чем меньше гистерезис, тем чаще включаются и выключаются вентиляторы и наоборот. С другой стороны, если нижняя граница температуры составит, например, 44 °С, то при максимальной мощности, выделяемой

ИП или усилителем, радиатор может нагреться так, что вентиляторы смогут охладить его только до температуры, к примеру, 46 °С, а до 44 °С «не дотянут». В этом случае вентиляторы будут постоянно работать, сводя на нет всю логику работы устройства. В конце концов, можно выбрать среднее отношение между 1/20 и 1/30, например, 1/24; в этом случае гистерезис составит 50 °С – 45 °С, т.е. 5 °С. Автор оставляет подобные эксперименты читателю.

## Примененные вентиляторы и конструкция устройств обдува радиаторов

Для охлаждения радиаторов ИП и усилителя автор рекомендует использовать современные вентиляторы для охлаждения видеокарт, поскольку они имеют существенно сниженный уровень шума (до 20 дБ) и недороги (не более 100 руб. за штуку). Применять же вентиляторы для охлаждения системного блока компьютера, имеющие повышенный уровень шума (35 – 40 дБ) и высокую цену (до 500 руб. и более), или процессора компьютера, на взгляд автора, нецелесообразно. Размер вентилятора желательно подбирать по размеру (высоте) радиатора.

Высота радиатора для усилителя у автора составила 6 см, а радиатор для ИП имел высоту 5 см. Поэтому автором были выбраны два типа вентиляторов для охлаждения видеокарт: вентилятор EхеGate Mirage 60×10S размером 60×60×10 мм с подшипником скольже-



**Рисунок 12.** Фотография конструкций устройств обдува радиаторов усилителя [1] (сверху) и ИП [2] (снизу).

ния мощностью 1.2 Вт и вентилятор EхеGate Mirage 50×10Н размером 50×50×10 мм с гидродинамическим подшипником мощностью 1 Вт. Стоимость вентиляторов – не более 100 руб. /шт.

Вентиляторы были прикручены винтами М3 с гайками к текстолитовым пластинам толщиной 2 мм, в которых были прорезаны отверстия диаметром, соответствующим максимальному диаметру лопастей. Сами же текстолитовые пластины были прикручены винтами М3 и уголками к крайним боковым ребрам радиаторов (Рисунок 12). Провода вентиляторов были пропущены через отверстия в днищах корпусов.

## Результаты

Для того чтобы оценить функционирование устройств автором был проведен достаточно жесткий тест, заключающийся в следующем. На вход усилителя был подан синусоидальный сигнал частотой 1 кГц, а его амплитуда была отрегулирована так, чтобы выходной сигнал с усилителя, подключенный к нагрузке 4 Ом, имел амплитуду 16 В. Действующее значение мощности выходного сигнала, как нетрудно подсчитать, в этом случае составило 32 Вт на канал, а поскольку каналов 2 [1] – 64 Вт. Устройство управления вентилятором с гистерезисом 50 °С – 46 °С было подключено к усилителю, а устройство с гистерезисом 50 °С – 44 °С – к ИП. Через несколько минут после включения вентиляторы обоих устройств начали работать, причем, как и следовало ожидать, частота включения-выключения вентиляторов усилителя (с меньшим гистерезисом) была выше (примерно один раз в 3 минуты), чем частота включения-выключения вентиляторов ИП (1 раз в 5 минут). Время работы вентиляторов усилителя составляло около 2 минут, тогда как время работы вентиляторов ИП – около 4 минут. Здесь необходимо отметить, что мощность синусоидального сигнала более чем в два раза превышает мощность звукового сигнала (точнее – сигнала, воспроизводимого с какого-либо музыкального файла), поскольку действующее значение синусоидального сигнала составляет около 70% его амплитуды (точнее,  $2/2$ ), а действующее значение музыкального – только 30% от максимального значения его амплитуды. В связи

с этим, для того чтобы музыкальный сигнал нагрел радиатор так же, как и синусоидальный, его максимальная амплитуда должна быть в 2 раз больше амплитуды синусоидального. Другими словами, при амплитуде синусоидального сигнала в 16 В, максимальная амплитуда музыкального сигнала (той же мощности) должна быть 16  $\sqrt{2}$  В ( 22.6 В). При этом мгновенная мощность музыкального сигнала на нагрузке в 4 Ом составит  $22.6^2/4$  Ом = 128 Вт. Это достаточно высокий показатель, в связи с чем эффективность охлаждения радиаторов вентиляторами налицо, что автора вполне устроило. Разумеется, подобной мощности вряд ли удастся достичь, воспроизведя на этом же усилителе на максимальной громкости даже самый «нагруженный» музыкальный файл, однако при несколько меньшей мощности, но более продолжительном времени работы радиаторы неизбежно могут нагреться до неприемлемой температуры, поэтому принудительное охлаждение радиаторов в этом случае будет своеобразной страховкой (и достаточно эффективной) от перегрева силовых компонентов как самого усилителя, так и ИП.

## Заключение

Применение современной элементной базы и несложность схем позволяют конструировать простые миниатюрные устройства, включающие вентиляторы для охлаждения радиаторов силовых элементов мощных усилителей и ИП только при относительно больших выделяемых мощностях, страхуя их от перегрева, тогда как при средних и малых мощностях радиаторы охлаждаются абсолютно бесшумным конвективным способом. По сравнению с аналогичными устройствами промышленного изготовления стоимость комплектующих представленных устройств на порядок меньше, а их шумность при включенных вентиляторах существенно ниже. **РЛ**

## Литература

1. Кузьминов А. Усовершенствованный УМЗЧ на базе ИУ и мощных ОУ. Современная электроника. 2019. № 5.
2. Кузьминов А. Усовершенствованный двупольный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой и ультранизким уровнем пульсаций. РадиоЛоцман. 2019. № 3.

3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Мир. 1993.
4. Кузьминов А. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. Радио. 2017. № 10.
5. Кузьминов А. Как использовать фольгу обратной стороны односторонней печатной платы в качестве общего провода. Радио. 2019. № 2.

## Материалы по теме

1. [Datasheet ON Semiconductor KA278RXXC](#)
2. [Datasheet Texas Instruments LM2940C](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor NCS20071](#)
4. [Datasheet Texas Instruments OPA170](#)
5. [Datasheet Vishay SQD50N06](#)

## ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

### ОКО Мобайл 3G

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



### ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ “ОКО АРХИВ”

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

#### ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet  
сменный жесткий диск

#### ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet  
встроенный жесткий диск

#### ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



“Децима”

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

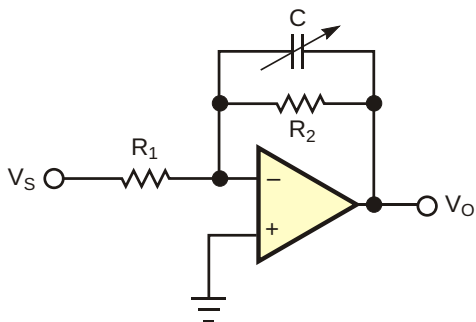
# Цифровой потенциометр управляет частотой среза

Chuck Wojslaw

EDN

Традиционный метод управления верхней частотой среза в базовой схеме инвертирующего усилителя состоит в подключении конденсатора  $C$  параллельно резистору  $R_2$  (Рисунок 1). Емкость конденсатора  $C$  определяет частоту среза.  $R_1$  и  $R_2$  независимо устанавливают величину усиления схемы, которая равна  $R_2/R_1$ . Если частота среза должна быть переменной, можно использовать конденсатор переменной емкости. Однако с этим подходом связаны две основные проблемы. Во-первых, схема непригодна для компьютерного управления, а во-вторых, выбор переменных конденсаторов с емкостью в области нанофард очень мал.

Схема на Рисунке 2а представляет собой инвертирующий усилитель, в котором цифровой потенциометр и конденсатор постоян-



**Рисунок 1.** Управление частотой среза с использованием традиционной схемы инвертирующего усилителя сопряжено с рядом проблем, таких как ограниченный выбор конденсаторов переменной емкости.

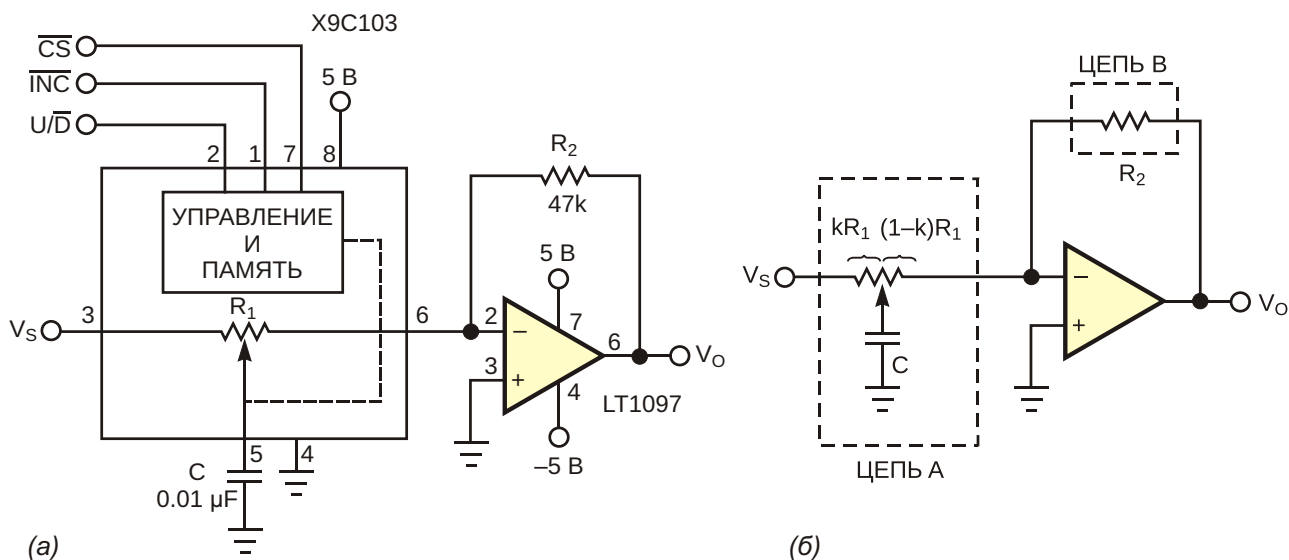
ной емкости используются в качестве входа Т-образной схемы. Величина коэффициента усиления этой инвертирующей схемы также равна  $R_2/R_1$ . Однако частота среза теперь задается номиналами  $R_1$ ,  $C$ , сопротивлением потенциометра и положением его движка. Цифровое управление положением движка потенциометра позволяет программировать верхнюю частоту среза.

Найти выражение, описывающее зависимость коэффициента усиления схемы от частоты, можно несколькими способами. Один из подходов заключается в использовании Y-параметров, или параметров комплексной проводимости. Если рассматривать цепи А и В как два порта (Рисунок 2б), то отношение комплексной проводимости прямой передачи входного порта  $y_{21A}$  к комплексной проводимости обратной передачи порта обратной связи  $y_{12B}$  дает следующее выражение для коэффициента усиления:

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{y_{21A}}{y_{12B}} = \frac{\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{R_1 C k (1 - k)}}{j \frac{1}{R_1 C k (1 - k)}}$$

В этом выражении  $k$  представляет собой число, которое изменяется от 0 до 1 и отражает пропорциональное положение движка относительно одного конца потенциометра (0) до другого конца (1).





**Рисунок 2.** Инвертирующий усилитель, в котором использованы цифровой потенциометр и конденсатор постоянной емкости, позволяет программировать частоту среза (а). Эту схему можно представить в виде четырехполюсника (б).

Коэффициент усиления схемы выражается формулой

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{A_0 \cdot c}{j \cdot c}$$

Это выражение имеет тот же вид, что и выражение для усилителя или фильтра нижних частот с коэффициентом усиления  $-R_2/R_1$  и частотой среза

$$f_c = \frac{1}{2 R_1 C k (1 - k)}$$

По мере того, как движок программно перемещается от одного конца потенциометра к другому,  $k$  изменяется от 0, проходит через среднюю точку (1/2) и достигает 1, а частота среза изменяется от бесконечного значения до минимального, и вновь до бесконечного. Минимальная частота равна

$$f_{c(MIN)} = \frac{4}{2 R_1 C}$$

Величина  $k$  для цифровых потенциометров семейства XDSP может изменяться от 0 до 1. Количество отводов, или программируемых положений движка определяет разрешенные схемы.  $R_1$  на схеме представляет полное сопротивление  $R_{TOTAL}$  потенциометра. В зависимости от типа потенциометра в семействе, количество отводов может составлять от 32 до 256, а  $R_{TOTAL}$  может иметь значения от 1 кОм до 1 МОм. Потенциометр может сохранять настройку положения движка в энергонезависимой памяти, что позволяет при включении питания возвращаться к заданному значению частоты среза.

Для схемы на Рисунке 2а коэффициент усиления равен 4.7, а частота среза регулируется от 6.4 кГц до теоретически бесконечного значения. В схеме использована микросхема 10-килоомного цифрового потенциометра X9C103 со 100 отводами и трехпроводным интерфейсом. Схема будет полезной в приложениях воспроизведения звука, управления и обработки сигналов. **ПЛ**

### Материалы по теме

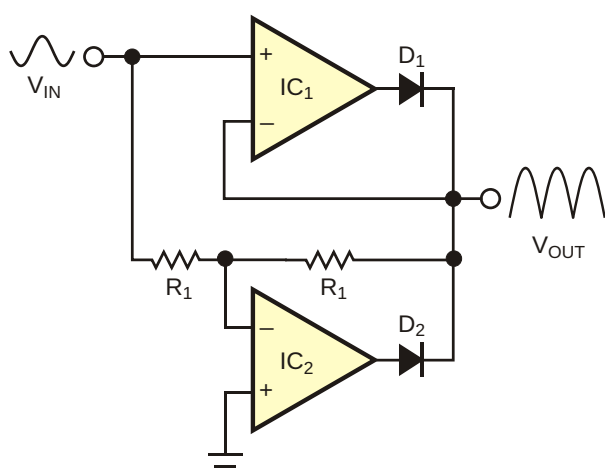
1. [Datasheet Intersil X9C103](#)
2. [Datasheet Linear Technology LT1097](#)

# Двухполупериодный выпрямитель с программируемым усилением

Chuck Wojslaw

EDN

Традиционный подход к проектированию двухполупериодного выпрямителя (Рисунок 1) состоит в том, чтобы установить коэффициенты усиления  $IC_1$  и  $IC_2$ , равными 1, и, используя управляющие диоды  $D_1$  и  $D_2$  для суммирования полупериодов входной синусоиды, сформировать выпрямленный выходной сигнал. Для положительной полуволны входного сигнала  $IC_1$  является неинвертиру-



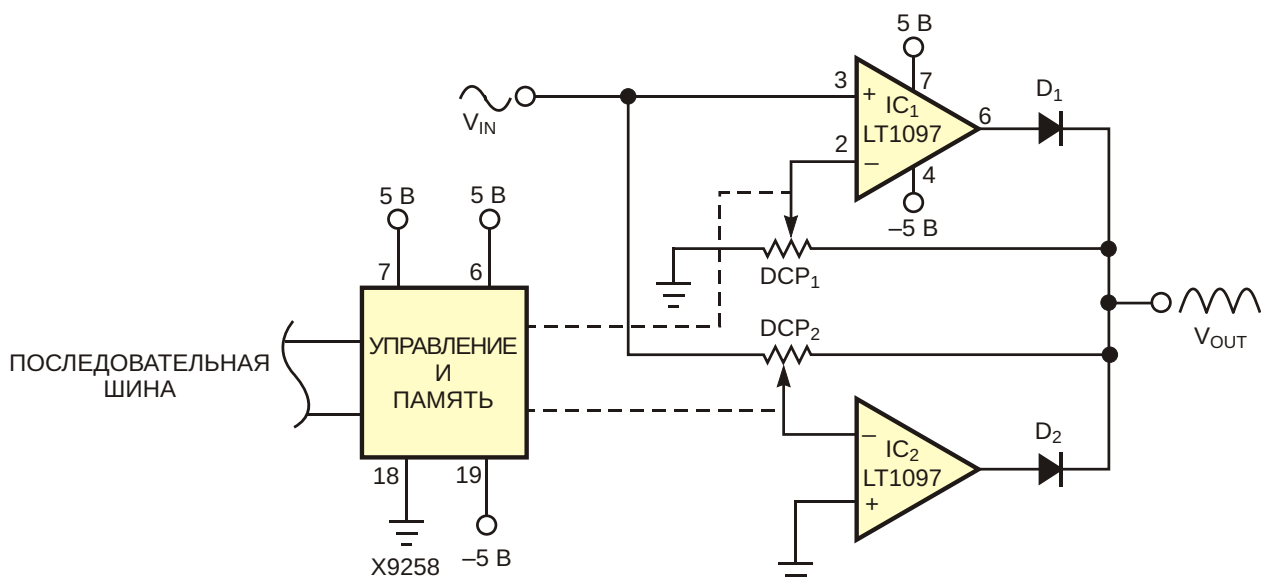
**Рисунок 1.** Схема двухполупериодного выпрямителя с фиксированным коэффициентом усиления, равным 1.

ющим усилителем с коэффициентом усиления 1. Для отрицательной полуволны входного сигнала  $IC_2$  является инвертирующим усилителем с коэффициентом усиления  $-1$ . Такая схема двухполупериодного выпрямителя часто объединяется с фильтром нижних частот, образуя недорогой AC/DC преобразователь. Если вам нужен двухполупериодный выпрямитель с усилением, объединение этих двух функций в одной схеме может обеспечить экономию затрат, количества компонентов и площади платы.

Схема на Рисунке 2 сочетает в себе функции выпрямления и программируемого усиления. Два цифровых потенциометра  $DCP_1$  и  $DCP_2$  с 256 положениями движка управляют коэффициентами усиления неинвертирующего усилителя  $IC_1$  и инвертирующего усилителя  $IC_2$ , соответственно. Коэффициент усиления микросхемы  $IC_1$  равен

$$G_1 = \frac{255}{P1},$$

где  $P1$  ( $0 < P1 < 255$ ) – десятичное значение программно установленного положения движка цифрового потенциометра  $DCP_1$ . Аналогично,



**Рисунок 2.** Коэффициент усиления этого двухполупериодного выпрямителя можно программировать от 1 до 255.

коэффициент усиления микросхемы IC<sub>2</sub> равен

$$G_2 = \frac{255 \cdot P_2}{P_2}$$

Характеристики этой схемы определяются хорошим согласованием сопротивлений

резисторов, присущим цифровым потенциометрам. Результаты измерений находятся в пределах 2% от расчетных значений. **РЛ**

### Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices LT1097](#)
2. [Datasheet Intersil X9258](#)

# Источник дополнительного питания для DC/DC преобразователя

Robert Sheehan

EDN

При разработке DC/DC преобразователей часто требуется дополнительный источник для питания схемы управления от нестабилизированного входного напряжения. Существует множество способов построения такого источника, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В некоторых

случаях используется схема запуска с «капельным подзарядом», в которой питание в нормальном режиме работы обеспечивается обмоткой обратной связи. Благодаря малому количеству деталей и циклической защите от короткого замыкания (если индуктивность рассеяния в обмотке обратной связи не при-

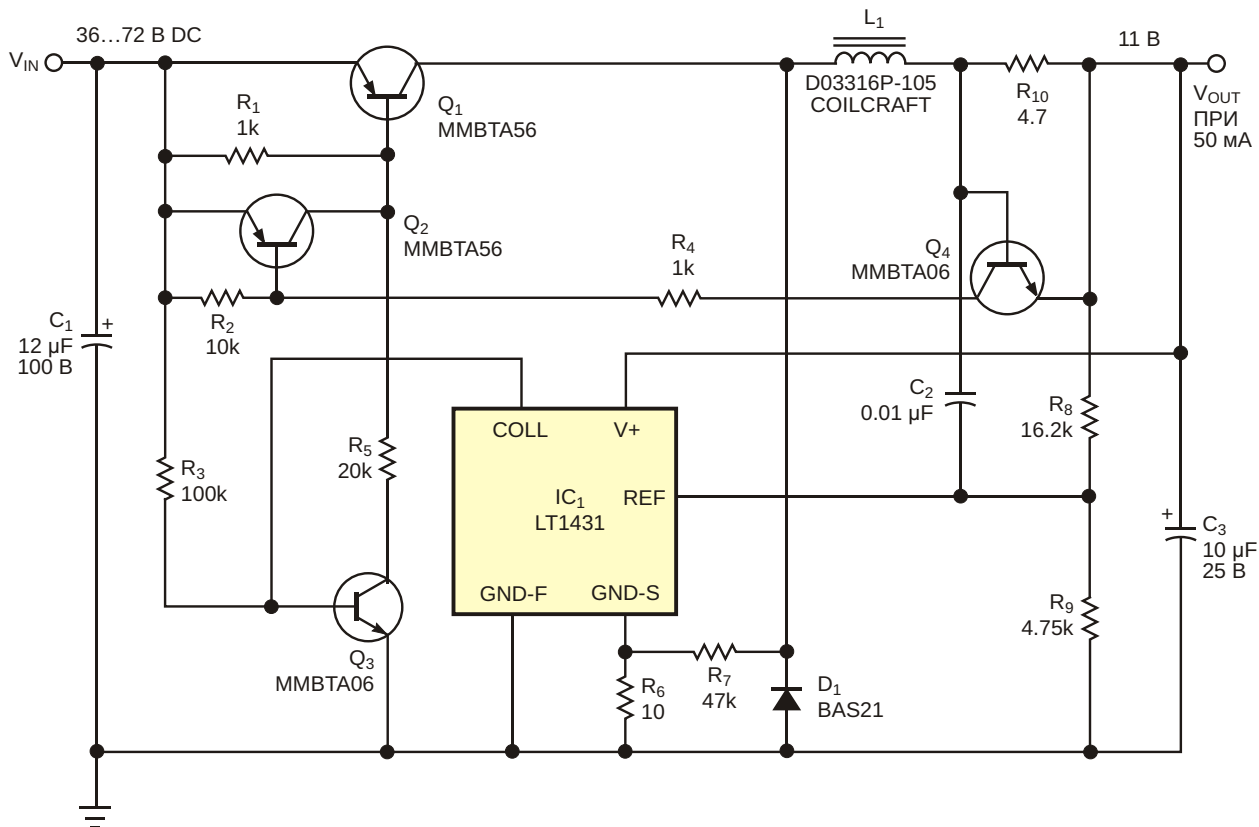


Рисунок 1. Микросхема шунтового регулятора и горсть дешевых компонентов образуют эффективный и надежный источник дополнительного питания.

водит к ее остановке), эта конфигурация широко используется в индустрии источников питания. Однако для этой конфигурации характерны большое время включения и ограниченная величина емкости нагрузки, при которой может запускаться преобразователь. Другой популярный подход основан на использовании стабилизатора на основе проходного транзистора, часто в сочетании с дополнительной обмоткой для поддержания низкого рассеивания мощности в нормальных условиях работы. Хотя этот метод может обеспечить быстрый запуск, для него типично высокое рассеивание мощности во время короткого замыкания выхода. Попытки обойти эту проблему могут быть неприятными и сложными. Понижающий преобразователь не имеет этих недостатков, однако он может быть сложным и дорогим. В показанной на Рисунке 1 схеме высоковольтного преобразователя, служащего источником дополнительного питания, использованы шунтовой регулятор LT1431, дешевые транзисторы и готовый дроссель.

Схеме не нужен нагрузочный резистор или вспомогательная обмотка. Максимальное

входное напряжение схемы, в данном случае равное 80 В, ограничено только выбором транзисторов  $Q_1$  и  $Q_3$ . Схема работает как гистерезисный регулятор, называемый также пульсирующим регулятором, релаксационным генератором или релейным контроллером. Положительная обратная связь создается резисторами  $R_6$  и  $R_7$ , отрицательная – элементами  $C_2$ ,  $R_8$  и  $R_9$ . При входном напряжении 48 В дроссель работает в режиме прерывистого тока, а частота переключения равна 50 кГц. Типовой КПД схемы равен 74% при входном напряжении 48 В и токе нагрузки 50 мА, что для источника смещения является вполне приемлемым показателем. Транзисторы  $Q_2$  и  $Q_4$  обеспечивают защиту от короткого замыкания. Типичное значение тока короткого замыкания составляет 120 мА. Многократное горячее подключение схемы происходит без каких-либо побочных эффектов. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices LT1431](#)
2. [Datasheet ON Semiconductor MMBTA06](#)
3. [Datasheet ON Semiconductor MMBTA56](#)

# Схема разделения импульсов синхронизации VGA из простых компонентов

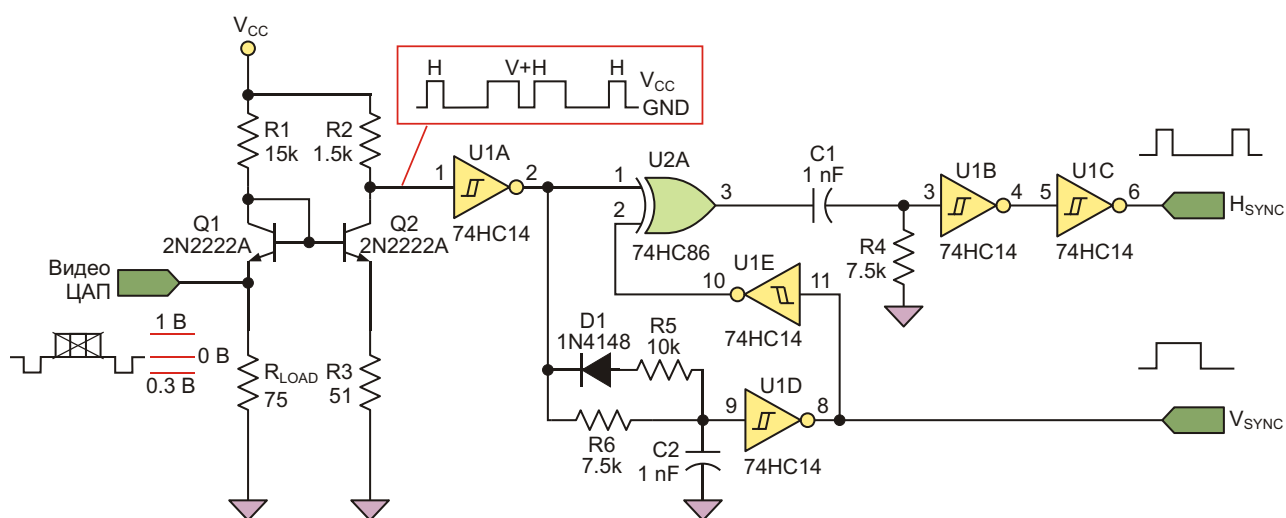
Dave Conrad

Electronic Design

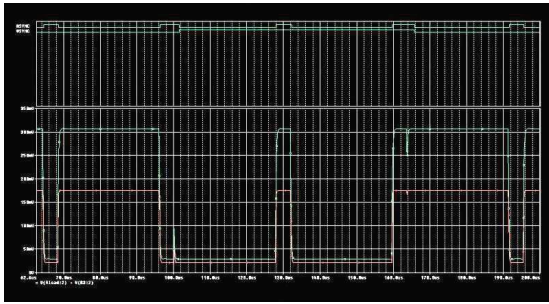
При наличии выхода композитного видео эта схема разделения синхросигналов является простой и недорогой альтернативой для формирования сигналов горизонтальной и вертикальной синхронизации, используемых компьютерными мониторами с интерфейсом VGA

Нередко у цифрового сигнального процессора не хватает свободных выводов для формирования отдельных сигналов горизонтальной (H) и вертикальной (V) синхронизации, которые поддерживают вывод RGB-видео на типичный компьютерный монитор с интерфейсом VGA. Тем не менее, при наличии выхода композитного видео предлагаемое решение дает тот же результат, но при гораз-

до меньших затратах, чем при использовании специальных микросхем (Рисунок 1). Большинство видео ЦАП имеют токовые выходы, формирующие напряжение видеосигнала на нагрузке с номинальным сопротивлением (обычно 75 Ом), подключенной к земле. В этом случае верхние уровни сигналов синхронизации равны 0 В, уровень черного (уровень гашения) равен 0.3 В а максимум видео-



**Рисунок 1.** Сепаратор импульсов синхронизации состоит из небольшого количества недорогих стандартных компонентов. U1D работает как интегратор, в то время как U1B и U1C образуют дифференцирующий каскад. Схема выделяет из композитного сигнала импульсы горизонтальной и вертикальной синхронизации, используя их различия по амплитуде и ширине.



**Рисунок 2.** Зеленая кривая внизу соответствует выходному сигналу видео ЦАП на входе композитного видео (для простоты видеосигналы от 0.3 до 1 В не показаны). Красная кривая соответствует опорному уровню напряжения, создаваемого током открытого транзистора Q2 на резисторе R3. Две осциллограммы вверху показывают результирующие выходные сигналы горизонтальной и вертикальной синхронизации с уровнями ТТЛ.

сигнала (уровень белого) равен 1 В (левая сторона схемы на Рисунке 1). Осциллограммы показывают вход сигнала синхронизации композитного видео, опорный уровень компаратора на эмиттере Q2 и результирующие сигналы ТТЛ уровней горизонтальной и вертикальной синхронизации  $H_{\text{SYNC}}$  и  $V_{\text{SYNC}}$ , соответственно (Рисунок 2).

Q1 и Q2 образуют температурно-компенсированный компаратор, способный различать относительно земли уровни напряжения в диапазоне милливольт. Резистор R1 обеспечивает базовое смещение для транзистора Q2 и должен иметь такое сопротивление, чтобы ток в  $R_{\text{LOAD}}$  не слишком смещал уровень черного. При значении, показанном на схеме, это смещение равно всего 2 мВ. Напряжения база-эмиттер Q1 и Q2 согласованы. Таким образом, если напряжение на эмиттере Q1 опускается ниже напряжения эмиттера Q2, базовый ток Q2 уходит в  $R_{\text{LOAD}}$ , выключая Q2 и обеспечивая нарастающий сигнал в ответ на спадающие композитные сигналы синхронизации. Уровни сигнала, превышающие порог компаратора (в данной реализации – 160 мВ), насыщают Q2.

Сигнал на коллекторе Q2 изменяется почти от уровня земли до  $V_{\text{CC}}$ , что вполне достаточно для управления входами большинства логических семейств ТТЛ и КМОП. U1A инвертирует и буферизует сигнал для управ-

ления последующими дифференцирующим и интегрирующим каскадами. U1D и связанные с ним компоненты R5, C2 и D1 образуют интегратор, постоянная времени которого формирует 64-микросекундный нарастающий выходной синхроимпульс, соответствующий спецификации VGA для  $V_{\text{SYNC}}$ . Инвертированный импульс  $H_{\text{SYNC}}$  в середине композитного видеосигнала  $V_{\text{SYNC}}$  интегратор игнорирует. Это показано в усиленной и инвертированной форме на коллекторе Q2 на принципиальной схеме и на осциллограмме сигналов.

U1B и U1C образуют дифференцирующее устройство, которое также действует как генератор импульсов, запускаемый положительным фронтом. Номинальная ширина выходного импульса составляет 4 мкс, чтобы соответствовать стандарту VGA. Без элементов U2A и U1E импульс  $H_{\text{SYNC}}$  на заднем фронте импульса  $V_{\text{SYNC}}$  будет пропадать. Включение этих двух элементов в схему восстанавливает импульс  $H_{\text{SYNC}}$  с минимальной временной ошибкой. Ширина импульса  $H_{\text{SYNC}}$  на переднем и заднем фронтах импульса  $V_{\text{SYNC}}$  приблизительно на 1 мкс больше, чем других импульсов; в противном случае положение переднего фронта совпадает с передним фронтом входного композитного видеосигнала. Задержка между входом и выходом на пути прохождения  $H_{\text{SYNC}}$  составляет примерно 124 нс, что большинство мониторов способно компенсировать и обеспечить надлежащее центрирование видео на экране.

Эта схема будет работать при напряжении 3.3 или 5 В, хотя при напряжении питания 3.3 В, возможно, придется скорректировать значения R1, R2 и R3 для обеспечения правильного порогового уровня компаратора (показанные значения оптимизированы для работы при 5 В). Обратите внимание, что между выходами  $H_{\text{SYNC}}$  и  $V_{\text{SYNC}}$  и контактами разъема VGA обычно размещаются 100-омные демпфирующие резисторы. Типы логических элементов не имеют критического значения, и замена активных компонентов не должна существенно влиять на работу схемы. **PL**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD74HC14](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD74HC86](#)

# Энергонезависимый цифровой потенциометр управляет стробированием логического сигнала

Reinhardt Wagner, Maxim Integrated Products

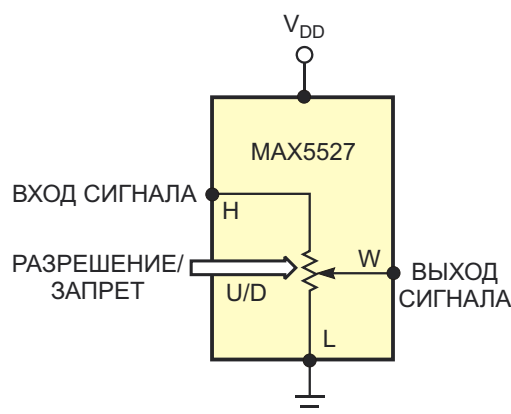
EDN

**В** этой статье описана простая альтернатива энергонезависимой функции стробирования, которую обычно вы реализуете с помощью программируемой логической матрицы (PAL), матричной БИС (GAL) или сложной программируемой логической микросхемы (CPLD). Для стробирования логического сигнала, чтобы заблокировать или разрешить его прохождение, обычно используется логический элемент, такой как «И», на один из входов которого подается сигнал, а на другой – строб. Поскольку логические элементы выполняют булевы операции с немедленным откликом, они являются комбинационными устройствами без памяти.

Однако если вам необходимо запрограммировать вентиль, который должен всегда либо блокировать, либо передавать сигнал после запуска системы, вы должны сохранить логическое состояние «разрешение/запрет» в энергонезависимой памяти какого-либо вида. Для хранения таких логических состояний имеются два основных метода. Первый основан на использовании микроконтроллера в сочетании с энергонезависимой памятью, такой как EEPROM. Этот метод подходит, если система может подождать, пока микроконтроллер считывает логическое состояние из памяти и применит его к аппаратному выводу – обычно это порт ввода/вывода общего назначения. В некоторых

случаях, однако, требуется, чтобы сигнал «разрешение/запрет» уже присутствовал при включении питания. Для таких систем задержка чтения из памяти недопустима.

При использовании второго метода, полезного для систем без микроконтроллера или для случаев, когда система не может ждать, пока микроконтроллер считывает данные из памяти во время загрузки, логическое состояние сохраняется в каком-либо устройстве, которое делает его немедленно дос-



**Рисунок 1.** Программируемый энергонезависимый цифровой потенциометр выполняет функцию логического элемента «И». Установка движка в крайнее верхнее положение разрешает прохождение сигнала на выход; в нижнем положении передача сигнала на выход блокируется.

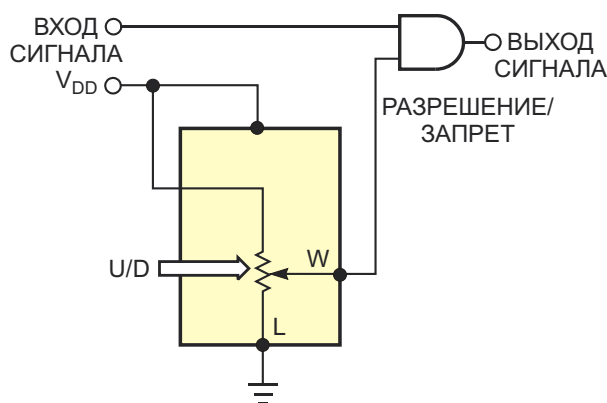


тупным при включении питания. Для этого функцию стробирования реализуют PAL, GAL или CPLD в сочетании с программируемой энергонезависимой памятью. Однако набор функций этих устройств намного обширнее, чем стробирование с памятью, и может быть избыточным для систем, которым требуется всего несколько таких вентилялей. Кроме того, из-за необходимости размещения множества логических входов/выходов их корпуса относительно велики.

Если вам нужно только несколько энергонезависимых вентилялей, рассмотрите возможность использования компонента, широко используемого в системах обработки аналоговых и смешанных сигналов: цифрового потенциометра (Рисунок 1). Заземлите вывод L резистивной цепочки, а на вывод H подайте сигнал. Затем выход движка либо замыкается на землю для блокировки, либо подключается к входному сигналу для передачи.

Запрограммировать положение движка цифрового потенциометра можно через его последовательный интерфейс во время тестирования платы или системы. Для этой цели подойдет имеющийся в некоторых цифровых потенциометрах интерфейс «больше/меньше» (U/D). При выборе энергонезависимого цифрового потенциометра следует руководствоваться следующими критериями:

- Цифровые потенциометры в типичном случае имеют 32 или более отводов; вам потребуется, по крайней мере, два. Движок цифрового потенциометра имеет сопротивление, связанное с внутренними ключами, которое должно быть как можно более низким, чтобы не исказить коммутируемый сигнал. Типичное сопротивление движка составляет от 100 Ом до 1 кОм. Например, для MAX5527 компании Maxim оно равно 90 Ом.
- Поскольку сопротивление движка цифрового потенциометра уменьшается с увеличением напряжения питания, следует выбрать высокое напряжение питания.
- Чтобы минимизировать нагрузку на источник сигнала и не ограничивать полосу пропускания сигнала потенциометра,



**Рисунок 2.** Если полоса пропускания цифрового потенциометра слишком мала, его можно использовать для управления логическим элементом «И».

нужно выбирать устройство с высоким сопротивлением между крайними выводами; для многих приложений приемлемо сопротивление 100 кОм.

- Если необходимо запрограммировать состояние вентиля, выберите энергонезависимый цифровой потенциометр. В некоторых цифровых потенциометрах для сохранения положения движка используется однократно программируемая память (OTP). Такие устройства подойдут, если вы не планируете вносить изменения в функцию стробирования. Количество вентилялей, состояние которых необходимо сохранить, определяет количество требуемых потенциометров. Существуют сборки, содержащие от одного до шести цифровых потенциометров, и больше.

Максимальная скорость передачи данных через цифровой потенциометр определяется полосой пропускания потенциометра. Если скорость переключения логических сигналов слишком высока для доступных потенциометров, можно использовать обычный логический вентиль, входом разрешения/запрета которого управляет цифровой потенциометр (Рисунок 2). **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Maxim Integrated MAX5527](#)

# Однокнопочный кодовый замок высокой степени защищенности

Maxwell Strange

EDN

На Рисунке 1 изображена блок-схема легко программируемого однокнопочного кодового замка. Вы управляете замком, используя серию коротких и длинных импульсов от нефиксируемой кнопки, замаскирован-

ной под кнопку дверного звонка. В устройстве используются недорогие микросхемы КМОП логики. Перезапускаемый таймер  $T_1$  блокирует вводы, сделанные после окна ввода кода  $T_1$ , тем самым значительно повышая степень

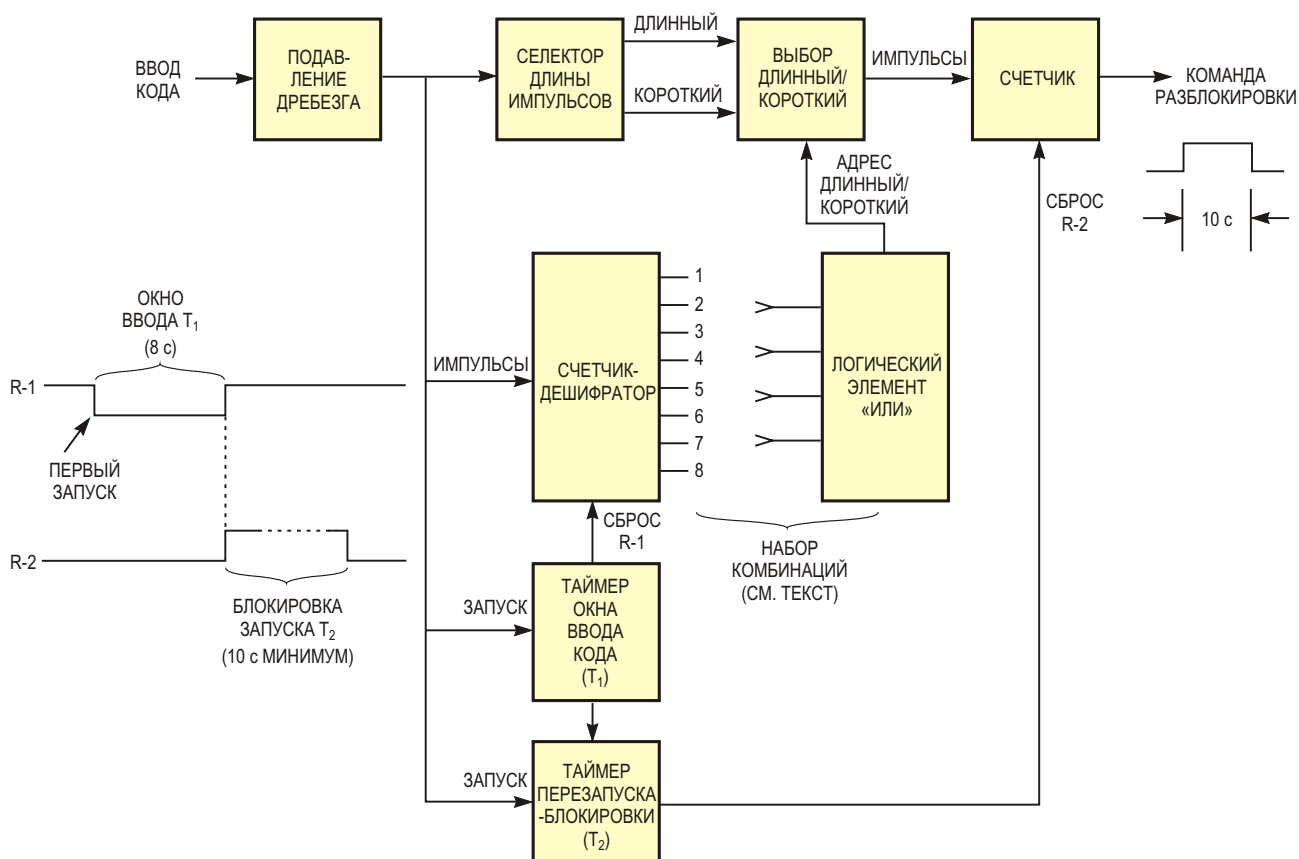
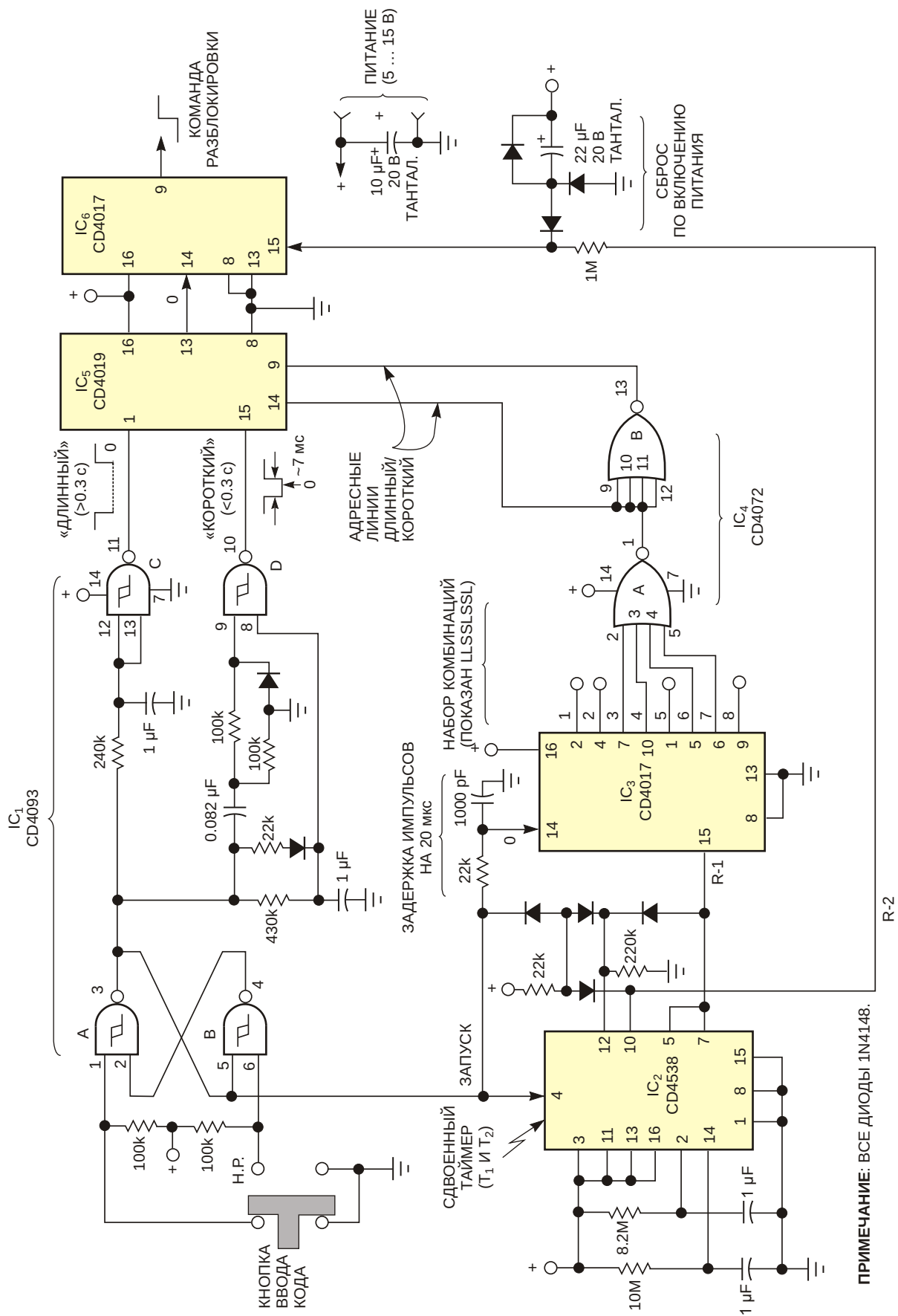
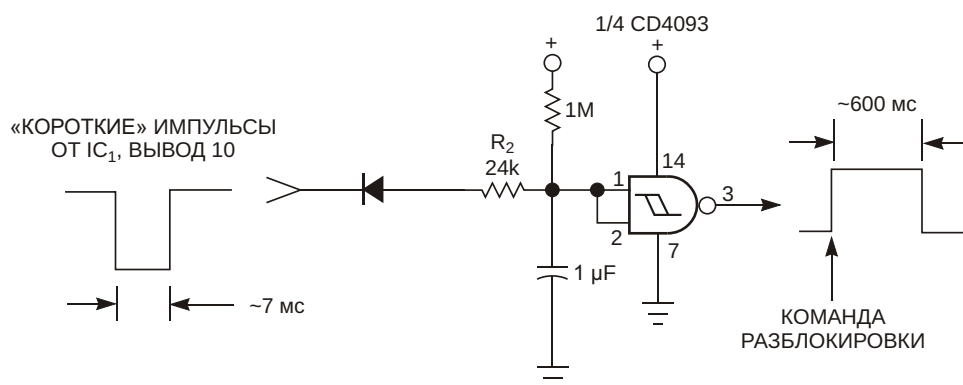


Рисунок 1. Горстка таймеров и счетчиков образует однокнопочный кодовый замок с высокой степенью секретности.



**Рисунок 2.** Свою кодовую комбинацию вы программируете путем фиксированных соединений между входами и выходами IC<sub>3</sub>-IC<sub>4</sub>. В данном примере установлена комбинация LLSSLSSL, где L и S – длинные и короткие нажатия, соответственно.



**Рисунок 3.** С помощью этой дополнительной схемы, быстро введя четыре или более коротких импульса, можно сформировать команду блокировки.

секретности. Схема на Рисунке 2 работает следующим образом. Счетверенный логический элемент «И-НЕ» с триггером Шмитта (IC<sub>1</sub>) устраняет дребезг контактов кнопки ввода кода и с помощью простой аналоговой схемы распределяет на отдельные выходы импульсы длительностью менее и более 0.3 с. Эти выходы подключены к счетверенному логическому элементу «И-ИЛИ» (IC<sub>5</sub>). Начальный ввод также устанавливает таймер T<sub>1</sub>, разрешающий работу десятичного счетчика-дешифратора IC<sub>3</sub>. Кроме того, каждый ввод тактирует микросхему IC<sub>3</sub>.

По мере того, как IC<sub>3</sub> проходит через свои состояния, некоторые из его выходов представляют «короткие» импульсы ввода и воздействуют на входы IC<sub>4</sub>. Неподключенные к IC<sub>4</sub> выходы соответствуют «длинным» импульсам. Таким образом устанавливается кодовая комбинация для разблокировки. Короткие импульсы изменяют адрес IC<sub>5</sub> для выбора короткого входного импульса; в противном случае IC<sub>5</sub> выбирает вход с длинным импульсом. Короткие и длинные входные импульсы, если они присутствуют в запрограммированной последовательности, формируют выходной сигнал микросхемы IC<sub>5</sub>. Микросхема IC<sub>6</sub> ведет счет выходных импульсов IC<sub>5</sub> и вырабатывает команду разблокировки только тогда, когда подсчитает все импульсы. Схема сброса по включению питания в любых условиях гарантирует отсутствие угрозы безопасности после аварийного отключения питания. Таймеры имеют решаю-

щее значение для высокой безопасности системы. Вы должны ввести код в 8-секундном окне T<sub>1</sub>. Если вы сделали ошибку, сначала надо подождать не менее 10 секунд, пока отработает таймер T<sub>1</sub>, после чего сделать следующую попытку. Если ввод производится непрерывно и с интервалом менее 10 секунд, как может попытаться сделать нарушитель, T<sub>1</sub> будет постоянно блокировать счетчик IC<sub>6</sub>.

Несколько лет эксплуатации подтвердили высокую надежность замка. В схеме на Рисунке 2 использована 8-символьная комбинация, которую можно ввести очень быстро. Короткий импульс – это быстрый удар по кнопке; длинный импульс – лишь немного более продолжительный. Более короткая последовательность также будет безопасной. Чтобы реализовать более короткий код, достаточно просто взять импульс разблокировки с более младшего выхода IC<sub>6</sub>. Выход IC<sub>6</sub> возвращается к низкому уровню через 10 секунд после сброса T<sub>1</sub>. При желании сгенерировать команду блокировки, которая не обязательно должна быть секретной, можно добавить простую схему, показанную на Рисунке 3. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments CD4017B](#)
2. [Datasheet Texas Instruments CD4019B](#)
3. [Datasheet Texas Instruments CD4072B](#)
4. [Datasheet Texas Instruments CD4093B](#)
5. [Datasheet ON Semiconductor CD4538BC](#)



# 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)



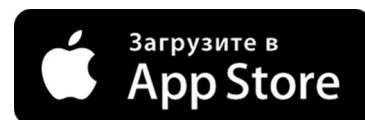
ANDROID »  
GOOGLE PLAY



<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.