

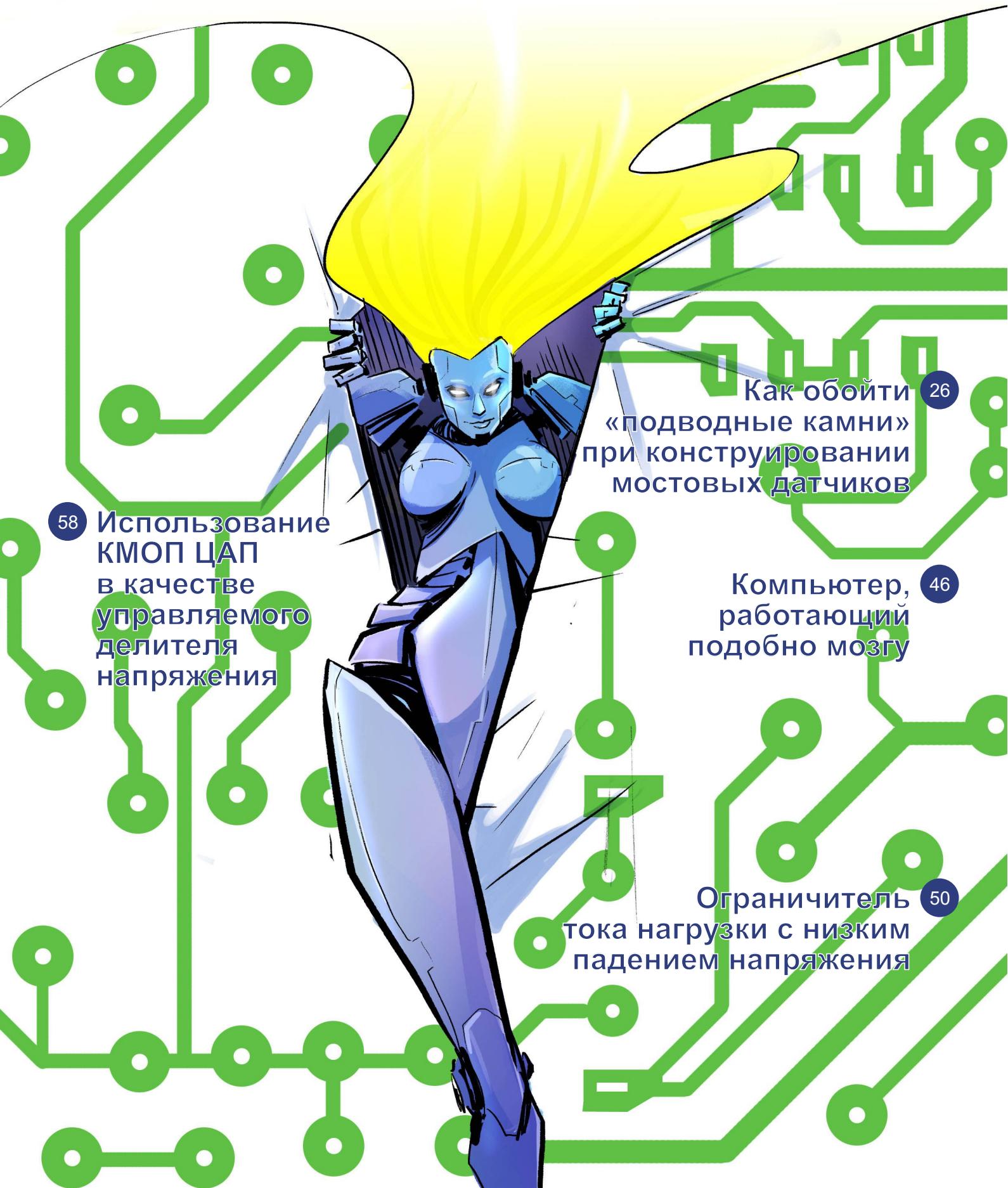


# РАДИОЛОЦМАН

АПРЕЛЬ 2016 (59)

App Store

Google play



# 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.

# РАДИОЛОЦМАН

Апрель 2016 (59)

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером  
работали:

А. Гаврилюк

В. Колесник

И. Краснолобов

С. Муратчев

А. Николаев

Н. Радунцева

М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

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

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

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

Мнения авторов не всегда отражают точку зрения редакции.

Оформление  
бесплатной подписки:

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

## Новости

- 4 Texas Instruments представила первый в отрасли 100-вольтовый драйвер МОП транзистора верхнего плеча
- 5 Diodes предлагает новые высоковольтные драйверы светодиодов, совместимые с различными типами диммеров
- 6 Bosch разработала педаль газа с тактильной обратной связью
- 7 Компания Current подписала крупнейший в истории контракт на установку 1.6 млн. свето-диодных ламп
- 8 Linear Technology выпустила понижающий DC/DC преобразователь со сверхчувствительной схемой измерения падения напряжения на активном сопротивлении индуктивности
- 9 STMicroelectronics представляет новые 36-вольтовые ОУ повышенной надежности для автомобильных и промышленных приложений
- 10 AKM выпускает сверхминиатюрный ИК датчик, пригодный для обнаружения человека
- 11 Fairchild запускает в производство 1200-вольтовые SiC диоды для быстродействующих солнечных инверторов и высоконадежных промышленных приложений
- 12 Analog Arts создала испытательный стенд в одном USB приборе
- 13 Texas Instruments представляет семейство беспроводных приемопередатчиков CAN с лучшими в отрасли характеристиками
- 14 С новыми светодиодами компании Lumileds осветительные приборы станут еще надежней и экономичней
- 15 SkyTraq Technology выпустила недорогой многофункциональный RTK-приемник
- 16 Низкотемпературные измерения станут точнее с новым семейством многоканальных датчиков компании Microchip
- 17 Многофазный синхронный повышающий контроллер компании Intersil упростит разработку автомобильной силовой электроники
- 19 Diodes анонсирует новые приборы для защиты интерфейсов USB OTG и USB PD
- 20 Semtech расширяет платформу RailClamp устройств защиты промышленных интерфейсов от бросков напряжения
- 21 Texas Instruments разработала широкополосный синтезатор частот с лучшими в отрасли характеристиками
- 22 Toshiba приступает к производству мощных 4-канальных усилителей для автомобильных аудиосистем
- 23 Карбид-кремниевая аналоговая схема работает при температуре выше 400 °C
- 24 Texas Instruments анонсирует микромощные понижающие преобразователи с самым низким в отрасли током потребления

## Статьи

- 26 Как обойти «подводные камни» при конструировании мостовых датчиков
- 32 Разделение и арбитраж двунаправленной последовательной шины
- 36 Неужели улицы со светодиодным освещением выглядят как тюремный двор в лучах прожекторов?
- 38 Путь компании Kenwood: на рубеже веков. Часть 1
- 42 Подземные накопители солнечного тепла сделают энергетику полностью «зеленой» – уверен ученый из Стэнфордского университета
- 46 Компьютер, работающий подобно мозгу

## Схемы

- 50 Ограничитель тока нагрузки с низким падением напряжения
- 53 Дистанционное управление бытовыми приборами с помощью звуковой карты компьютера
- 56 Преобразователь напряжения 1 – 5 В в сигнал токовой петли 4-20 мА
- 58 Использование КМОП ЦАП в качестве управляемого делителя напряжения
- 61 Приставки директор-секретарь и разветвитель линии 1x2. Часть 2
- 70 Усовершенствованная схема управления усиливанием на основе полевого транзистора
- 72 Тестер для проверки блокировочных конденсаторов
- 74 Изолированный источник для питания модуля цифрового вольтметра

## Texas Instruments представила первый в отрасли 100-вольтовый драйвер МОП транзистора верхнего плача

*Беспрецедентная гибкость и надежная защита для промышленных приложений с батарейным питанием*

Texas Instruments (TI) представила первый однокристальный 100-вольтовый драйвер МОП транзистора верхнего плеча для приложений с питанием от литий-ионных аккумуляторов. Высоковольтное решение bq76200 эффективно управляет N-канальными зарядными и разрядными МОП транзисторами верхнего плеча, обычно используемыми в приложениях накопления энергии и управления двигателями, включая дроны, электроинструмент, электровелосипеды и многое другое.

По сравнению с типичными 50-вольтовыми драйверами МОП транзисторов нижнего плача, 100-вольтовые драйверы верхнего плача обеспечивают более надежную защиту от возможных индуктивных бросков напряжения в устройствах управления двигателями, превышение уровней которых над номинальным напряжением батареи может достигать 200%. Кроме того, bq76200 помогает осуществлять постоянный контроль состояния аккумулятора и расширенную системную диагностику, причем даже тогда, когда аккумулятор отключен от нагрузки или зарядного устройства.



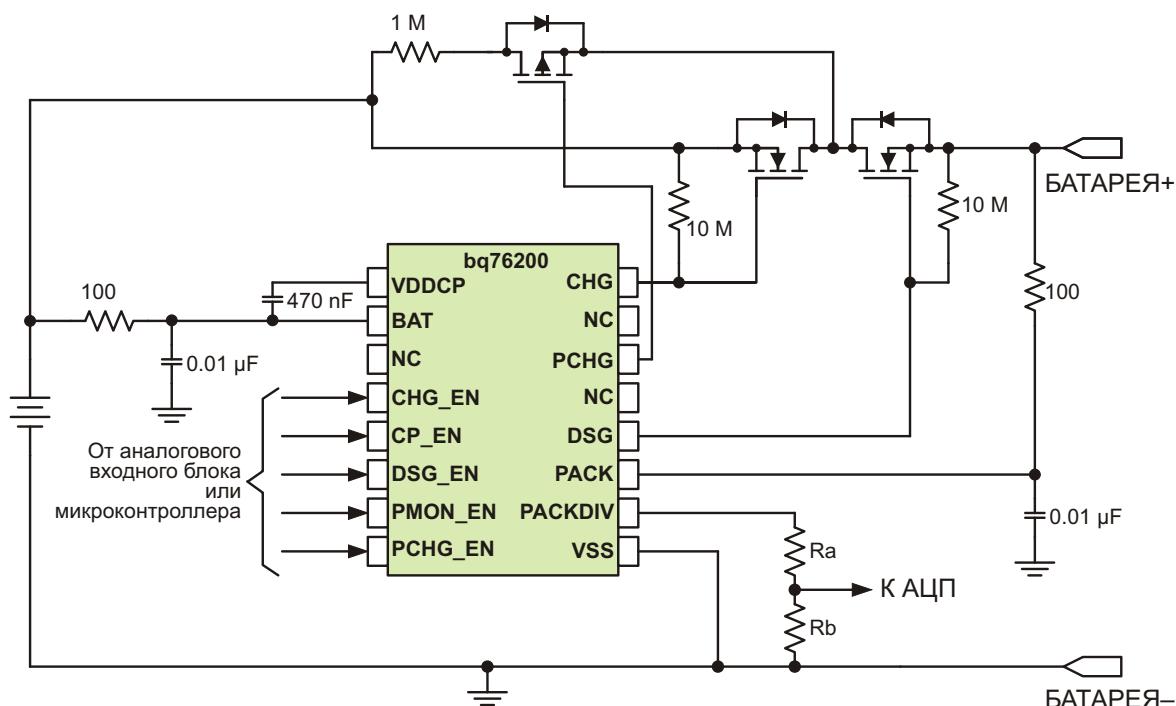
## Ключевые особенности и преимущества bq76200

- Универсальный диапазон напряжений питания:

Совместимость со множеством типов аккумуляторов с напряжением от 8 В до 75 В при абсолютном максимуме 100 В.

- Усовершенствованная защита цепей управления МОП транзисторами:

Высокая скорость переключения минимизирует время реакции на аварийные ситуации и блокирует разрядный МОП транзистор при глубоком разряде аккумулятора.



### Упрощенная схема включения bq76200.

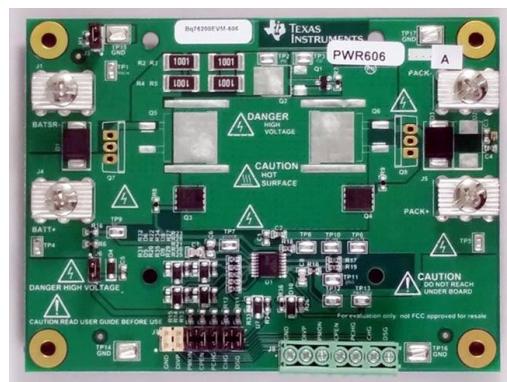
- **Быстрая разработка при сниженных затратах:**

Драйвер, путем простого масштабирования емкости зарядового насоса, легко адаптируется для работы как с маломощными, так и с мощными МОП транзисторами, сокращая затраты инженерного труда и ускоряя разработку продукта.

- **Высокий уровень интеграции в миниатюрном корпусе:**

В корпусе TSSOP размером 5 × 4.4 мм объединены высоковольтный зарядовый насос и два драйвера МОП транзисторов.

bq76200 удобно использовать в комбинации с микросхемами контроллеров аккумуляторов семейства bq76940. Кроме того, bq76200 может управлять выпускаемым TI 100-вольтовым мощным MOSFET CSD19531Q5A, используемым, в частности, в оценочном модуле BQ76200EVM.



Оценочный модуль BQ76200EVM-606.

## Цены и доступность

bq76200 можно немедленно приобрести в онлайн магазине TI или через сеть авторизованных дистрибуторов компаний. Драйверы выпускаются в 16-выводном корпусе TSSOP и в партиях из 1000 приборов продаются по цене \$1.69 за штуку.

## Diodes предлагает новые высоковольтные драйверы светодиодов, совместимые с различными типами диммеров

Компания Diodes предлагает новый драйвер светодиодов. Микросхема AL1697 предназначена для светотехнических приложений с сетевым питанием и симисторной регулировкой яркости. Драйвер поддерживает диммеры с отсечкой фазы по переднему и заднему фронту, используя однокаскадную схему управления с большим коэффициентом мощности, кривая регулирования которой соответствует стандарту NEMA SSL6. Благодаря интегрированным MOSFET сокращается количество внешних компонентов и уменьшается требуемая площадь печатной платы, что делает новый прибор привлекательным и конкурентоспособным решением для светодиодных ламп мощностью до 15 Вт.



Архитектура точного, высокоэффективного драйвера светодиодов AL1697 обеспечивает исключительную точность стабилизации выходного напряжения и тока нагрузки. Конструкция поддерживает неизолированную (повышающе-понижающую) топологию и не требует дополнительной обмотки трансформатора. Работа в режиме граничной проводимости увеличивает КПД преобразования и одновременно снижает коммутационные шумы, упрощая соблюдение требований электромагнитной совместимости. Устройство имеет низкий пусковой ток, равный 130 мА, а в рабочем режиме оно потребляет всего 170 мА.

Микросхемы выпускаются с двумя вариантами интегрированных MOSFET: с 2-амперными приборами традиционной структуры с напряжением сток-исток 600 В и сопротивлением открытого канала 4 Ом, или с 4-амперными MOSFET с супер переходом (super-junction) с допустимым напряжением сток-исток 650 В и сопротивлением открытого канала 1.8 Ом. В AL1697 предусмотрены все стандартные функции защиты, включая защиту от короткого замыкания нагрузки и перегрева кристалла, блокировку

при пониженном входном напряжении, бланкирование переднего фронта и поцикловое ограничение выходного тока. Дополнительная безопасность и надежность обеспечиваются защитой от обрыва нагрузки и повышенного выходного напряжения, а также прогрессирующим ограничением тока при перегреве.

## Bosch разработала педаль газа с тактильной обратной связью

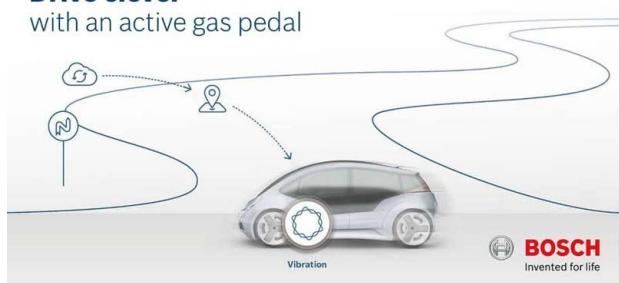
Christoph Hammerschmidt

EE Times Europe

Если двигаясь по шоссе в своем автомобиле, вы вдруг почувствовали легкую вибрацию в правой ноге – вы не сошли с ума. Скорее всего, это означает другое: ваш автомобиль оснащен активной педалью газа фирмы Bosch. Назначение вибрации – предупредить о предстоящем крутом повороте, или о том, что вы едете слишком быстро.

### Drive clever

with an active gas pedal



Bosch разработала техническое средство, помогающее водителям ездить безопасно и, в тоже время, экономить топливо. Связанная с навигационной системой или устройством считывания дорожных знаков педаль газа дает водителям тактильный предупреждающий сигнал в тех случаях, когда они превысили допустимую скорость или слишком быстро приближаются к крутому повороту – одним словом, если они относятся к категории людей, которые любят «вдавить педаль в пол» и сжигают чрезмерно много топлива.



Стук

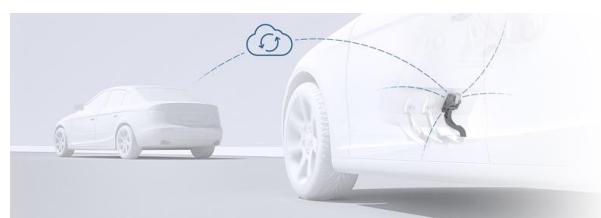


Вибрация



Противодействие

По словам компании, такая обратная связь, заведенная на педаль акселератора, помогает сберечь до 7% топлива. Это возможно благодаря тому, что интеллектуальная педаль связана с другими системами автомобиля, такими, например, как трансмиссия. Помимо этого, она дает хорошо ощущимый сигнал, указывающий наилучшее время для переключения передач. «Педаль сообщает водителю, где пересекаются кривые экономичности и скорости», – объясняет Стефан Зиберт (Stefan Seibert), президент подразделения бензиновых двигателей компании Bosch. Водители могут, однако, преодолеть обратную связь педали, нажав на нее сильнее.



Дополнительный потенциал экономии топлива содержит функция движения по инерции (start-stop coasting), то есть, отключения двигателя при достаточной скорости автомобиля. По оценкам Bosch, в таком режиме автомобиль может проходить до 30% пути. Педаль газа можно запрограммировать так, чтобы она предупреждала о целесообразности перехода на движение накатом. При дополнительной электрификации трансмиссии эта технология может дать еще большие преимущества. Система позволит экономить топливо и в гибридных автомобилях, давая водителю знать, когда двигатель внутреннего сгорания собирается заменить собой электромотор, чтобы ослабить давление на педаль акселератора. Подключенная

к системам предупреждения столкновений, педаль газа, подавая вибросигнал, может просить водителя не давить на нее сильнее.

Вид и усилие тактильной обратной связи устанавливаются программируемыми параметрами.

## Компания Current подписала крупнейший в истории контракт на установку 1.6 млн. светодиодных ламп

*Lux Review Europe*

Крупнейший в истории единовременный заказ светодиодных осветительных приборов предполагает установку порядка 1.6 млн. ламп в 5,000 отделений банка Chase.

Контракт, выигранный фирмой Current, новым подразделением энергосберегающих технологий компании General Electric (GE), согласно проекту затрагивает 2.3 млн. квадратных метров банковских площадей розничного сектора, что почти в 40 раз превышает площадь Лувра. Работа начнется в ближайшие месяцы и, как ожидается, завершится к концу 2017 года.

Расчеты показывают, что модернизация вдвое сократит долю энергии, расходуемой на освещение отделений банка.

«Переход на ретрофитные светодиодные лампы вполне оправдан, поскольку срок окупаемости такого проекта довольно короток в сравнении с другими изменениями, которые вы могли бы сделать, – говорит Грэнвилл Мартин (Granville Martin), управляющий и финансовый директор банка JPMorgan Chase. – Это большой шаг для банка, который имеет для

нас огромный экологический и экономический смысл».

Проект стал большой победой новой компании Current, которую GE основала в октябре 2015 года. Переход на интеграцию светодиодного освещения с другими малопотребляющими технологиями вызвал недоумение в отрасли, но этот крупный заказ значительно повышает степень уверенности в правильности бизнес-модели.

«В светодиодной системе для Chase мы предусмотрели задел на будущее, чтобы, в конечном счете, предоставить новые возможности, перейдя к автоматизированному управлению с использованием датчиков», – сказала Хайме Ирик (Jaime Irick), коммерческий директор компании Current.

«В Current мы объединяем энергосберегающие и энергопроизводящие технологии с беспрецедентной мощью программного обеспечения и прогнозной аналитики, чтобы преобразовать сектор распределенного производства энергии».

В список других именитых клиентов Current вошли Hilton, Walgreens, и Simon Properties. Компания также является пионером технологий так называемого «умного города», одним из элементов которых является освещение.

В настоящее время реализуются два пилотных проекта в Сан-Диего, Калифорния и Джексонвилле, Флорида, где установлены тысячи светодиодных уличных фонарей, оборудованных датчиками.

Кроме того, уличные фонари оснащены приемопередатчиками, связывающими их и друг с другом, и с облаком, что в скором времени позволит им в реальном времени транслировать водителям информацию о погодных условиях и наличии парковочных мест. Одновременно установленные на фонарях датчики вибрации могут обнаруживать и передавать информацию о стрельбе, землетрясении и других чрезвычайных ситуациях.



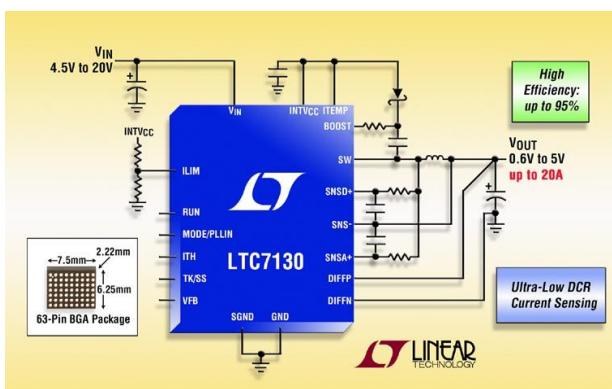
Крупнейший контракт на установку светодиодного освещения охватит штаб-квартиру компании в Чейс Тауэр (Chase Tower), Чикаго, а также 2.3 млн. квадратных метров банковских площадей розничного сектора.

# Linear Technology выпустила понижающий DC/DC преобразователь со сверхчувствительной схемой измерения падения напряжения на активном сопротивлении индуктивности

Linear Technology выпустила синхронный понижающий DC/DC преобразователь LTC7130, работающий на фиксированной частоте в режиме стабилизации по пиковому току (CCM), особенностью которого является термпокомпенсированная сверхчувствительная схема измерения падения напряжения на активном сопротивлении индуктивности (DCR). Уникальная архитектура устройства упрощает частотную компенсацию петли

анalogовые микросхемы. Другими областями применения могут быть телекоммуникационные устройства, источники питания с распределенной архитектурой и системы общего назначения с высокой плотностью мощности.

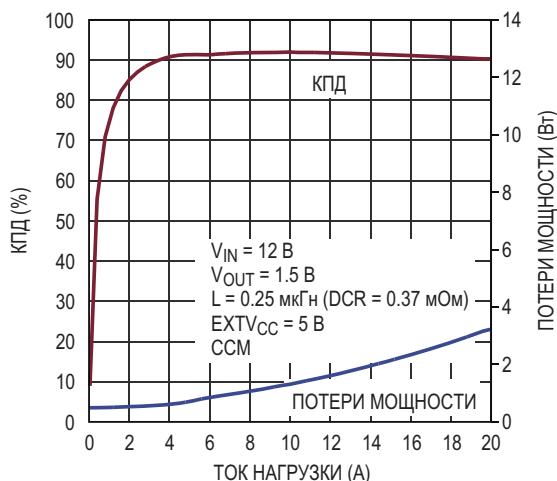
Малое минимальное время включения LTC7130, равное 90 нс, обеспечивает высокий коэффициент понижения на высоких частотах преобразования. Для синхронизации устройства может использоваться как внутренний генератор, программируемый внешним резистором в диапазоне от 250 кГц до 770 кГц, так и внешний источник импульсов. Общая ошибка стабилизации выходного напряжения LTC7130 не превышает  $\pm 0.5\%$  во всем диапазоне допустимых температур перехода от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $125^{\circ}\text{C}$ . Микросхемы содержат быстродействующий дифференциальный усилитель сигнала внешнего токоизмерительного датчика, программируемый ограничитель выходного тока, цепь защиты от короткого замыкания нагрузки, программируемую схему мягкого запуска с отслеживанием выходного напряжения, дополнительный вывод питания EXTVCC для снижения рассеиваемой мощности и выходной флаг индикации повышенного и пониженного напряжения.



обратной связи и предоставляет возможность увеличения выходного тока путем непосредственного параллельного соединения нескольких микросхем. Кроме того, увеличенное отношение сигнал/шум в схеме усиления сигнала датчика тока позволяет повысить КПД сильноточных приложений за счет использования мощных индуктивностей с очень низкими значениями DCR. Благодаря этому также снижается джиттер импульсов синхронизации, характерный для схем с низкими DCR, и повышается точность ограничения тока. Диапазоном входных напряжений от 4.5 до 20 В поддерживается широкий спектр приложений, включая большинство промежуточных шин питания, а также обеспечивается совместимость с многими типами батарей. Интегрированные N-канальные MOSFET могут пропускать непрерывные токи до 20 А при напряжениях от 0.6 В до 5.5 В, что делает преобразователи идеальными приборами для использования в точках подключения нагрузки таких сильноточных низковольтных приложений, как процессоры обработки сигналов, ПЛИС и специализирован-



LTC7130 поставляются в корпусе BGA со сниженным тепловым сопротивлением размером 6.25 × 7.5 × 2.22 мм. Для финишного покрытия выводов могут использоваться как бессвинцовевые материалы, удовлетворяющие требованиям директивы RoHS, такие как сплавы SnPb (63/37%). Параметры микросхемы оптимизированы для работы в широком диапазоне температур и напряжений.



Зависимость КПД от тока нагрузки.

хем групп Е и I гарантируются в диапазоне рабочих температур перехода от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $125^{\circ}\text{C}$ . Установленные на приборы цены начинаются от \$7.95 за штуку для партий из 1000 микросхем группы Е. Приборы всех групп имеются на складе компании.

### Сводка основных характеристик LTC7130

- Широкий диапазон входных напряжений: от 4.5 В до 20 В;
- Оптимизирован для приложений с низким коэффициентом заполнения;
- Высокий КПД: до 95%;

- Запатентованная архитектура управления по току индуктивности;
- Возможность параллельной работы нескольких преобразователей для увеличения выходного тока;
- Термокомпенсированные измерения сверхнизких значений DCR;
- Программируемый уровень ограничения выходного тока;
- Быстродействующий дифференциальный усилитель сигнала удаленного датчика тока;
- Точность стабилизации выходного напряжения  $\pm 0.5\%$ ;
- Защита от короткого замыкания выхода с мягким восстановлением;
- Программируемые параметры мягкого запуска с отслеживанием выходного напряжения;
- Программируемая внутренняя или внешняя синхронизация частотой от 250 кГц до 770 кГц;
- Вывод питания EXTVCC для снижения рассеиваемой мощности;
- Флаг индикации повышенного и пониженного напряжения;
- Корпус BGA с размерами 6.25 7.5 2.22 мм.

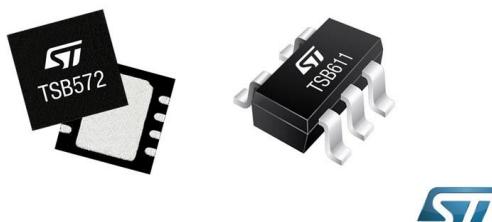
## STMicroelectronics представляет новые 36-вольтовые ОУ повышенной надежности для автомобильных и промышленных приложений

STMicroelectronics (ST) представила два 36-вольтовых операционных усилителя для автомобильных и промышленных приложений, отличающихся улучшенными электрическими характеристиками и повышенной

надежностью. Усилители работают в широком диапазоне напряжений питания, сохраняют устойчивость в сложных условиях эксплуатации и выдерживают электростатические разряды до 4 кВ при воздействии модели человеческого тела.

Одиночные операционные усилители TSB572 и TSB611 стали первыми устройствами, изготовленными с использованием 40-вольтового BiCMOS технологического процесса компании ST. Эта технология обеспечивает отличную эффективность по критерию GBW/ICC (отношение произведения коэффициента усиления на ширину полосы к входному току), примерно в пять раз более высокую, чем у стандартных операционных усилителей. Кроме того, низкие входные

New 36V ST op amps  
raise ruggedness & efficiency



напряжения смещения нуля при их температурном дрейфе менее 6 мкВ/°С упрощают разработку систем, исключая необходимость в подстройке и калибровке и гарантируя неизменность параметров во всем диапазоне рабочих температур от –40 °С до 125 °С.

TSB572 имеет rail-to-rail входы и выходы, равное 2.5 МГц GBW, и смещение входного напряжения нуля не более 1.5 мВ. Операционный усилитель не теряет устойчивости при емкостных нагрузках и хорошо защищен от переворота фазы. Нормируемые параметры сохраняют свои значения в широком диапазоне напряжений питания от 4.0 В до 36 В.

GBW усилителя TSB611 равно 560 кГц, а диапазон напряжений питания расширен

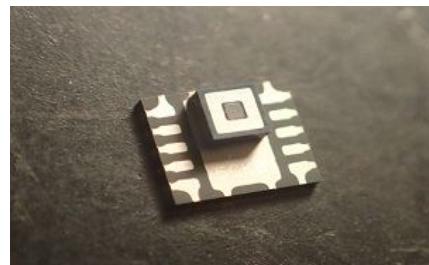
вниз до 2.7 В. Устройство устойчиво до единичного усиления, отличается исключительно низким смещением 1 мВ и при напряжении питания 36 В потребляет всего 125 мА.

Версии новых операционных усилителей в компактных корпусах идеально подойдут для использования в приложениях ограниченного объема, таких, как автомобильные аудио системы и электронные блоки управления.

TSB572 выпускаются серийно в корпусах DFN размером 3 × 3 мм или Mini-SO8 и продаются по цене \$0.80 за штуку. TSB611 также серийно выпускаются в корпусах SOT23-5, и в партиях из 1000 микросхем стоят \$0.55 за штуку.

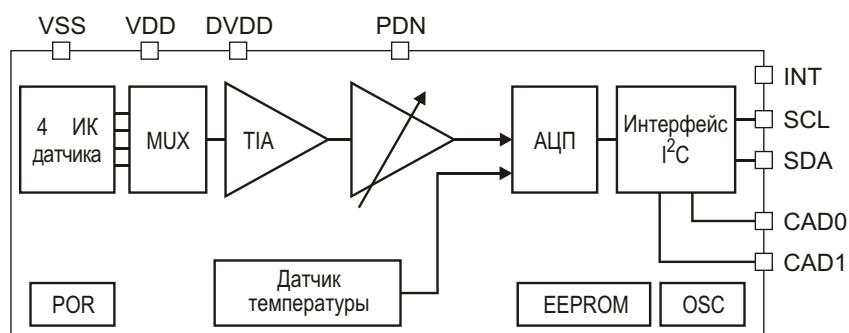
## AKM выпускает сверхминиатюрный пассивный ИК датчик, пригодный для обнаружения человека

Развивая технологию квантовых датчиков ИК-излучения на основе антимонида индия (InSb), компания Asahi Kasei Microdevices (AKM) вслед за одноканальным фотосенсором IR1011, прочно закрепившемся на рынке, разработала новый прибор AK9750, в котором интегрированы четыре квантовых датчика ИК-излучения и микросхема обработки сигналов. Использованный в AK9750 пассивный инфракрасный датчик, благодаря сужению области наблюдения за счет ограничителя поля зрения и оптического фильтра, способен выполнять функцию обнаружения присутствия человека. После предпродажной калибровки смещения и усиления каждого



сенсорного элемента с помощью микросхемы обработки сигналов, AK9750 обеспечивает передачу по интерфейсу I<sup>2</sup>C результатов измерений, имеющих 16-битную точность.

Благодаря непосредственному преобразованию ИК-излучения человеческого тела в



MUX – мультиплексор  
TIA – трансимпедансный усилитель  
POR – схема сброса по включению

Блок-схема AK9750.

электрический сигнал, устройство может регистрировать присутствие не только движущихся, но и неподвижных людей. AK9750 могут использоваться в качестве ИК датчиков в персональных компьютерах, приложениях Интернета вещей и бытовых приборах.

### ИК сенсорный элемент на основе InSb

В AK9750 используются сверхминиатюрные квантовые InSb фотодиоды, изготовленные с использованием технологического процесса, разработанного AKM для производства элементов Холла. Фотодиод работает как инфракрасный датчик, способный детектировать ИК-излучение с высоким разрешением и большой скоростью.

### Высококачественный датчик присутствия

Благодаря разнице расстояний от центров датчиков до точки наблюдения инфракрасные приборы могут фиксировать пространственное распределение источников тепла. Дифференциальные сигналы четырех сенсорных элементов позволяют использовать AK9750 в качестве высококачественного датчика присутствия человека.

### ИК-датчики, не требующие калибровки

Смещение и разброс усиления четырех ИК датчиков калибруются перед отправкой покупателю. Калибровочные параметры записываются во внутреннее EEPROM датчика. Пользователю выполнять системную калибровку не требуется.

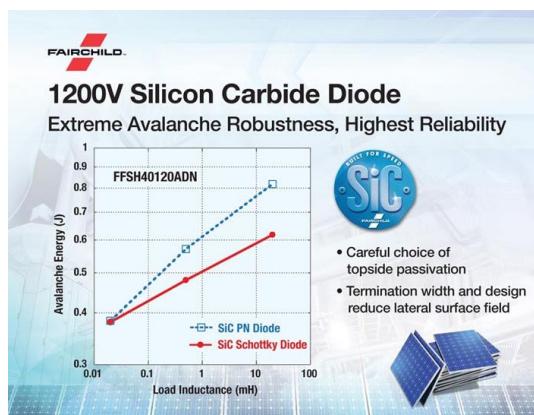
### Основные особенности датчика AK9750

- Четыре интегрированных ИК датчика;
- Встроенный оптический фильтр;
- Интерфейс I<sup>2</sup>C;
- 16-битный цифровой выход;
- Вывод с открытым стоком для сигнала прерывания внешнего контроллера;
- Диапазон рабочих температур ИК датчиков: -10 °C ... +60 °C;
- Напряжение питания: 1.71 ... 3.63 В;
- Ток потребления:
  - Не более 100 мА (режим непрерывной работы),
  - Не более 1 мА (режим пониженного потребления мощности),
- Корпус: SON, 10 выводов, размеры 4.6 3.8 1.2 мм.

## Fairchild запускает в производство 1200-вольтовые SiC диоды для быстродействующих солнечных инверторов и высоконадежных промышленных приложений

Непревзойденные характеристики переключения упростят производителям выполнение строгих требований по уровням энергоэффективности и электромагнитной совместимости

Компания Fairchild сообщила о доступности первого прибора из планируемой к выпуску серии 1200-вольтовых карбид-кремниевых (SiC) диодов. Непревзойденные коммутаци-



онные характеристики, повышенная надежность и низкий уровень создаваемых электромагнитных помех, сочетающиеся в диоде FFSH40120ADN, идеально соответствуют требованиям, предъявляемым к следующим поколениям солнечных инверторов, промышленных схем управления двигателями и сварочных агрегатов в отношении увеличения энергоэффективности при растущей плотности мощности.

Диод FFSH40120ADN отличается лучшим в своем классе приборов током утечки, намного превосходя по этому параметру всех конкурентов при любых температурах, вплоть до 175 °C. Важнейшими отличительными чертами этого 1200-вольтового прибо-

ра являются сверхвысокое быстродействие и отсутствие тока обратного восстановления, что по сравнению с кремниевыми диодами намного снижает потери переключения и обеспечивает превосходную энергоэффективность. Повышенное быстродействие также позволит производителям уменьшить размеры магнитных катушек и окружающих их пассивных компонентов, увеличить плотность упаковки, снизить вес и сократить затраты на материалы.

Способность стабильно переключаться в широком диапазоне температур – еще один

фактор, подтверждающий исключительность характеристик прибора, наряду с нулевым напряжением восстановления, исключающим возможность возникновения коммутационных выбросов.

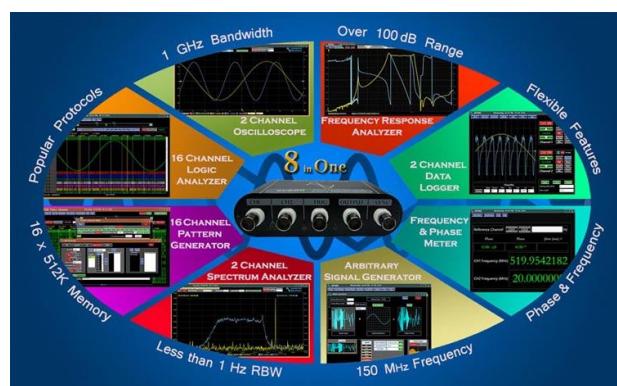
Кроме того, благодаря уникальным тепловым характеристикам карбида кремния, диоды FFSH40120ADN значительно превосходят эквивалентные кремниевые диоды по уровню надежности. Поле пробоя карбид-кремниевых диодов в десять раз выше, а теплопроводность втрое лучше, чем у обычных кремниевых приборов.

## Analog Arts создала испытательный стенд в одном USB приборе

*Martin Rowe*

*EDN*

В многофункциональных измерительных приборах нет ничего нового, но при наличии высокоскоростных преобразователей данных, мощных сигнальных процессоров и соответствующих программ все множество функций может выполнять единственный набор аппаратных средств. Именно так набор представляет собой серия USB осциллографов SF880, выпускаемая компанией Analog Arts. Назвать эти приборы просто осциллографами будет явным преуменьшением.



В серию SF880 входят модели SF880, SF650, SF830 и SF810, выполняющие следующие функции:

- Осциллограф (полоса пропускания 100 МГц ... 1 ГГц, в зависимости от модели);
- Регистратор данных (разрешение по времени зависит от модели);
- Анализатор спектра (полоса пропускания 10 МГц ... 150 МГц, в зависимости от модели);

- Генератор стандартных сигналов и сигналов специальной формы (частота выборки зависит от модели);



- Логический анализатор (только SF880 и SF830, частота выборки зависит от модели);
- Генератор тестовых последовательностей (только SF880 и SF830).

В режиме осциллографа приборы имеют полосу пропускания 100 МГц (SF610), 300 МГц (SF830), 500 МГц (SF650) и 1 ГГц (SF880). Частота выборки в реальном времени равна 125 Мвыв/с для трех старших моделей и 100 Мвыв/с для SF610. Глубина памяти





составляет 1 Мвыб в одноканальном режиме и 512 Квыб в двухканальном. Полоса анализатора спектра такая же, как в режиме осциллографа. Пользователю доступно также несколько оконных преобразований Фурье, ограниченных функциями Барлетта, Блэкмана-Харриса, Ханна, Кайзера-Бесселя, а также прямоугольной функцией.

Характеристики генератора сигналов специальной формы определяются объемом

энергонезависимой памяти, хранящей до 64 Квыб, и разрешением ЦАП, в стандартной поставке равным 12 бит. За отдельную плату может быть установлен 14-битный ЦАП. Частота выборки составляет 100 Мвыб/с для трех старших моделей и 50 Мвыб/с для SF810. Генератор стандартных сигналов может формировать синусоидальные, прямоугольные, треугольные и пилообразные импульсы, а также белый шум и сигналы с АМ и ЧМ модуляцией.

В режиме частотомера и фазометра приборы имеют полосу пропускания от 10 Гц до 300 МГц и разрешение по частоте 0.1 Гц.

Кроме того, модели SF880 и SF830 имеют по 16 логических входов, предназначенных для декодирования протоколов SPI, Quad SPI, I<sup>2</sup>C, SIM и 1-Wire при частоте импульсов до 100 МГц.

Цена одного прибора находится в диапазоне от \$640 до \$920.

## Texas Instruments представляет семейство бездронесельных приемопередатчиков CAN с лучшими в отрасли характеристиками

*Новые устройства для промышленных и автомобильных интерфейсов обеспечивают лучшее в отрасли сочетание защищенности и соответствия мировым стандартам*

Texas Instruments (TI) представила два семейства приемопередатчиков CAN, отвечающих требованиям всех отраслевых стандартов электромагнитной совместимости, разработанных американскими и европейскими автопроизводителями. Высокий уровень защиты линий шины, обеспечиваемый микросхемами серий TCAN1042 и TCAN1051, а также изменяемая скорость передачи данных (flexible data rate – FD) по интерфейсу

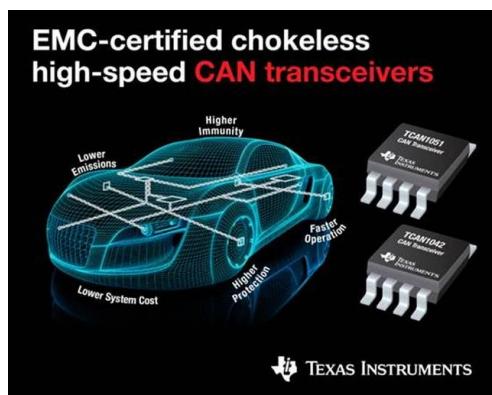
CAN и наименьшая в отрасли задержка предоставляют лучшее на сегодня сочетание защищенности и технических характеристик для различных автомобильных и промышленных приложений.

### Ключевые особенности и преимущества новых семейств приемопередатчиков CAN

- Соответствие стандартам электромагнитной совместимости ведущих международных организаций:

16 устройств удовлетворяют требованиям стандартов, разработанных автопроизводителями Соединенных Штатов (AEC Q100) и Европы (SAE J2962). Восемь устройств промышленного назначения отвечают требованиям стандартов ЭМС CISPR 22 и IEC:

- 61000-4-6 – до 10 кВ,
- 61000-4-4, Критерий A – до ±4 кВ,
- 61000-4-3 – до 100 В/м в полосе частот от 80 МГц до 2.7 ГГц.



- **Возможность исключить из схемы синфазный дроссель:**

Устройства не требуют использования внешних шумоподавляющих синфазных дросселей, снижая размеры и стоимость автомобильных и промышленных приложений.

- **Высокий уровень защиты шины от перенапряжений и электростатических разрядов:**

Устойчивость шины к напряжениям до 70 В превосходит требования, предъявляемые к устройствам с питанием от 12-, 24- и 48-вольтовых батарей, что надежно защищает выводы линий CAN от замыканий на шины постоянного напряжения. Способность выдерживать электростатические разряды до  $\pm 15$  кВ делает ненужным использование внешних диодных ограничителей бросков напряжения, сберегает площадь платы и снижает стоимость.

- **Увеличенная полоса пропускания:**

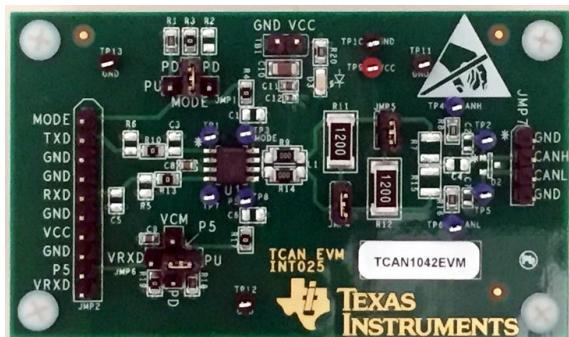
Высокая скорость CAN FD, достигающая 5 Мбит/с, увеличивает пропускную способность канала обмена между электронными устройствами управления и узлами сети CAN.

- **Беспрецедентная гибкость:**

Наименьшая в отрасли задержка в петле шины, не превышающая 175 нс, расширяет возможности конструирования, позволяя создавать сети CAN с большей физической длиной и увеличенным количеством узлов.

## Средства поддержки и ускорения разработки

Инженеры имеют возможность быстро и легко изучить характеристики и возможности приборов семейств ТCAN1042 и ТCAN1051, воспользовавшись оценочным модулем ТCAN1042DEVM, который можно приобрести за \$49 в онлайн магазине TI и у авторизованных дистрибуторов компании.



Оценочный модуль TCan1042DEVM.

## Корпус, доступность и цены

Все 24 микросхемы приемопередатчиков CAN семейств ТCAN1042 и ТCAN1051 выпускаются серийно в 8-выводных корпусах и могут быть приобретены по ценам, начинающимся от \$0.48 за штуку при заказе не менее 1000 приборов. В устройствах семейства ТCAN1042 реализован режим ожидания с пробуждением по появлению сигнала нашине. Кроме того, предусмотрены различные варианты цепей защиты, а также управление скоростью передачи и сдвигом уровня. В приборах ТCAN1051 режим ожидания заменен режимом молчания.

## С новыми светодиодами компании Lumileds осветительные приборы станут еще надежней и экономичней

При уровнях светоотдачи, приближающихся к 200 лм/Вт, LUXEON 3535L HE Plus являются самыми надежными и эффективными источниками однородного света для осветительных приборов промышленного и бытового назначения

Быстро увеличив светоотдачу приборов привычного типоразмера 3535, Lumileds запускает в производство светодиод LUXEON 3535L HE Plus. Собственная эффективность этого светодиода средней мощности достигает 200 лм/Вт, а при установке в светильник превышает 160 лм/Вт. «Несмотря на впечатляющие характеристики наших продуктовых линеек самых популярных в отрас-

ли форматов, от LUXEON 3535L потребители ждут еще большей светоотдачи», — сказал Мэттью Эверетт (Matthew Everett), старший директор отделения продуктов средней мощности LUXEON.

Только Lumileds доказала надежность своих светодиодов средней мощности, способных конкурировать с мощными приборами. Например, по результатам тестовой про-



цедуры LM-80 светодиоды LUXEON 3535L после 10,000 часов работы при токе 200 мА и температуре 85 °C сохранят 90% светового потока, что пересчитывается методиками стандарта TM-21 в прогнозируемые семь лет непрерывной работы. Эверетт также отметил, что, помимо исключительно большого срока службы, LUXEON 3535L отличается от своих конкурентов меньшими изменениями цвета по углам излучения, что улучшает постоянство цвета в процессе эксплуатации светодиода.

Типовые значения светового потока прибора LUXEON 3535L HE Plus с цветовой температурой 4000К и индексом цветопередачи, равным 80, составляют 52 лм при токе 100 мА (186 лм/Вт) или 34 лм при токе 65 мА (194 лм/Вт). На данный момент доступны трехвольтовые устройства с цветовыми температурами 2700К, 4000К и 6500К и индек-

сом цветопередачи, равным 80. В соответствии со стандартом ANSI, приборы разбираются по цвету свечения на 7 групп при токе 100 мА (1/7<sup>th</sup> ANSI).



Максимальную гибкость разработки обеспечивают четыре градации характеристик приборов линейки LUXEON 3535L: светодиоды начального уровня (LUXEON 3535LS), стандартные (LUXEON 3535L) и высокоэффективные (LUXEON 3535L HE, HE Plus).

## SkyTraq Technology выпустила недорогой многофункциональный RTK-приемник

Компания SkyTraq Technology выпустила новый недорогой малопотребляющий одночастотный RTK приемник S2525F8-RTK для приложений, требующих точности позиционирования сантиметрового уровня.

S2525F8-RTK способен принимать информацию от нескольких спутниковых группиро-

вок: 12 сигналов GPS, 8 сигналов SBAS, шесть BDS и один QZSS. В ситуациях, когда фиксация решения невозможна, может использоваться плавающий режим RTK, обеспечивающий точность дециметрового уровня. Для точного определения направлений в приложениях GPS компасов поддерживается также режим подвижной базы. Потребляющий всего 250 мВт модуль размером 25 мм × 25 мм и весом 3 г идеально подойдет для любых наружных мобильных приложений, требующих особо высокой точности позиционирования.

S2525F8-RTK поддерживает режимы как базовой станции, так и ровера. В качестве ровера модуль получает данные в форматах RTCM 3.0 или 3.1 от базовой станции, или же



необработанные результаты измерений от другого приемника S2525F8-RTK, выполняющего функцию базовой станции, и извлекает информацию из фазы несущей для достижения относительной точности позиционирования 1 см + 1 ppm в пределах 10-километрового удаления от базы, а в плавающем режиме RTK за пределами 10-километровой зоны – точности дециметрового уровня. Приемники S2525F8-RTK могут использоваться для создания GPS компасов, обеспечивающих более высокую точность и надежность определения направления, чем традиционные цифровые магнитометры, подверженные сильному влиянию изменений магнитной обстановки.

Предлагаемая за \$50 оценочная плата NS-HP, выполненная в форме мезонинного модуля, позволяет быстро интегрировать приемник в портативное геодезическое оборудование, беспилотные транспортные средства, устройства управления механизмами и системы управления роботами. Стандартный пакет драйверов NMEA-navsat опе-



Оценочная плата NS-HP.

рационной системы ROS работает непосредственно с платой NS-HP, делая легко достижимой сантиметровую точность позиционирования в робототехнических приложениях.

S2525F8-RTK выпускаются серийно. Доступны также единичные образцы модулей, справочные материалы и базовые проекты.

## Низкотемпературные измерения станут точнее с новым семейством многоканальных датчиков компании Microchip

*Компенсация ошибки сопротивления внешнего диода обеспечивает точное измерение температуры на расстоянии до 50 см от микросхемы*

Microchip Technology анонсировала семейство MCP990X микросхем датчиков температуры с интерфейсом SMBus, предназначенных для управления тепловыми режимами разнообразных бытовых и промышленных низкотемпературных приложений – от морозильных камер и холодильников до базовых станций и удаленных радиоустройств. При погрешности измерения, не превышающей  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  как с внутренним, так и с внешним диодом во всем диапазоне температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ , эти микросхемы обеспечивают недорогое и исключительно гибкое решение для точного контроля низких температур.

Дополнительной особенностью приборов семейства MCP990X является коррекция ошибки сопротивления, компенсирующая падение напряжения на проводах при использовании внешнего диода и позволяющая без потери точности измерять температуру на расстоянии до 50 см от микросхемы.

Шумы, вносимые такими узлами схемы, как DC/DC преобразователи и инверторы подсветки, минимизируются входным фильтром с псевдослучайным изменением параметров, существенно смягчающим требования к размещению элементов и конструкции печатной платы. Сочетание этих характеристик, дополненное возможностью выбора между двух-, трех- и четырехканальными вариантами датчиков, позволяет с помощью одной



микросхемы реализовать широкий диапазон измерительных приложений.

Двухканальная микросхема MCP9902 семейства MCP990X выпускается в корпусе размером 2 × 2 мм. Микросхема стала самым миниатюрным датчиком температуры в портфеле Microchip – на 33% более компактным, чем двухканальные датчики предыдущего поколения. Кроме того, в корпусах площадью 3 × 3 ммлагаются трех- и четырехканальные версии MCP9903 и MCP9904, соответственно.

### Средства поддержки разработки

Microchip предлагает также оценочную плату для MCP9902 (код для заказа ADM00615), позволяющую быстро приступить к разработке измерителя температуры на микросхеме MCP9902. Плату можно приобрести за \$35.00 в онлайн магазине microchipDIRECT и у любых авторизованных дистрибуторов компании.



Оценочная плата ADM00615 выносного измерителя температуры на основе MCP9902.

### Цены и доступность

Все три микросхемы семейства MCP990X уже можно приобрести как в промышленных количествах, так и в единичных образцах. Для партий объемом 5,000 приборов цена одной микросхемы начинается от \$0.46. MCP9902 предлагается в 8-выводном корпусе WDFN размером 2 × 2 мм. MCP9903 и MCP9904 доступны в 10-выводных корпусах DFN с размерами 3 × 3 мм.

## Многофазный синхронный повышающий контроллер компании Intersil упростит разработку автомобильной силовой электроники

Высокоинтегрированные контроллеры ISL78227 и ISL78229 позволяют создавать еще более миниатюрные и надежные конструкции

Корпорация Intersil анонсировала выпуск двух новых 55-вольтовых двухфазных синхронных повышающих контроллеров с интегрированными драйверами MOSFET верхнего и нижнего плеча. ISL78227 и ISL78229 являются самыми высокоинтегрированными и надежными из существующих в отрасли повышающих контроллеров, применение которых позволит упростить разработку устройств мощной автомобильной электроники. Входное напряжение 12 В эти устройства могут

повысить до 24, 36 или 48 В, что позволяет использовать их в аудио усилителях премиум-класса с выходной мощностью от 200 до 800 Вт, старт-стопных системах и светодиодных фарах. Оба контроллера соответствуют жестким требованиям, предъявляемым к промышленному и телекоммуникационному оборудованию, где повышающий DC/DC преобразователь должен отдавать большую мощность при малых размерах.

ISL78227 и ISL78229 позволяют создавать модульные конструкции, обеспечивающие масштабирование по мощности и тепловым характеристикам. Приборы поддерживают широкий диапазон входных и выходных напряжений от 5 до 55 В, а высокий КПД, превышающий 95%, снижает потери энергии и тепловыделение. Возможность чередующейся синхронизации двух контроллеров для создания четырехфазных приложений эффективно удваивает выходную мощность и уменьшает пульсации входного и выходно-



го напряжения, что позволяет разработчикам источников питания использовать конденсаторы меньшей емкости, экономя место на печатной плате и снижая стоимость материалов. Множество защитных функций позволяет контроллерам работать практически при любых условиях. Уникальная функция мягкого переключения обеспечивает плавность перехода из режима прерывистой проводимости в режим непрерывной проводимости после завершения мягкого запуска, надежно защищая источник питания от любых пусковых перегрузок.

Кроме того, в ISL78227 и ISL78229 реализована уникальная функция отслеживания огибающей потребляемой мощности, динамически, «на лету» регулирующая или масштабирующая выходное напряжение таким образом, чтобы в каждый момент времени обеспечивать текущие потребности нагрузки. Например, всякий раз, когда происходит снижение напряжения аккумулятора, энергопотребление отдельных компонентов, таких как аудио усилитель, должно ограничиваться, особенно если радио включено, а двигатель не работает. Кратковременные переходные процессы, возникающие, скажем, при перезапуске двигателя, оборудованного старт-стопной системой, также требуют оперативного регулирования напряжения. А для того, чтобы упростить задачу соблюдения требований стандарта ISO 26262 в части уровня полноты безопасности автомобиля, в ISL78229 интегрирован цифровой интерфейс PMBus, расширяющий возможности управления, телеметрии и диагностики. При наличии встроенного интерфейса PMBus конфигурирование устройства, восстановление системы и контроль параметров становятся возможными без использования специальных схем.

## Основные особенности и характеристики ISL78227 и ISL78229

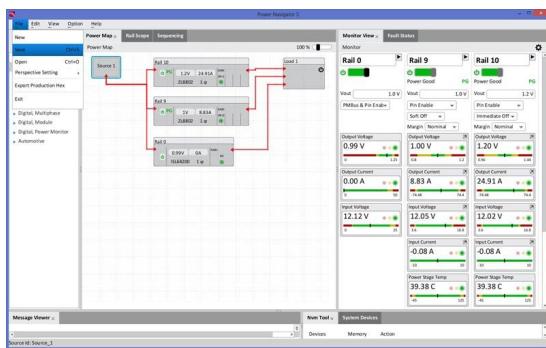
- Обеспечивают преобразование в диапазоне входных и выходных напряжений от 5 до 55 В, выдерживают броски напряжения до 60 В.
- Поддерживают синхронную или обычную повышающую топологию, используя управление по пиковому току индуктивности для быстрого отклика на скачки нагрузки с регулируемой компенсацией наклона.

- Конфигурируются для работы в одно-, двух- и четырехфазном режимах, обеспечивая высокий КПД в широком диапазоне нагрузок.
- Рабочая частота от 50 кГц до 1.1 МГц программируется резистором или задается внешним генератором.
- Два уровня защиты от перегрузки по току защищают систему от повреждения выбросами тока индуктивности.
- Защита от обратного тока предотвращает возникновение больших токов, способных повредить МОП транзистор верхнего плача.
- Ограничение среднего тока позволяет кратковременно обеспечивать большой выходной ток в периоды импульсных перегрузок и, в то же время, исключать продолжительные перегрузки, способные привести к перегреву схемы.
- Функция мягкого переключения обеспечивает плавный переход из режима мягкого запуска в режим непрерывной проводимости.
- Адаптивное и программируемое управление мертвым временем предупреждает возникновение сквозных токов.
- Возможность выбора режима эмуляции диода и уменьшения числа фаз для оптимизации КПД при облегченных нагрузках.
- Соответствуют требованиям стандарта AEC-Q100 для работы в диапазоне температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .
- Смачиваемые торцы контактов корпуса QFN позволяют выполнять оптический контроль паяных соединений для снижения производственных затрат.

## Графический интерфейс пользователя упрощает разработку цифровых источников питания

Предлагаемый Intersil графический интерфейс PowerNavigator упрощает конфигурирование шины PMBus модуля ISL78229, а также проверку и мониторинг всех параметров устройства. Он позволяет, не написав ни строчки кода, легко изменять свойства и функции цифрового модуля питания.

Для реализации законченной системы питания автомобильного аудио усилителя ISL78227 и ISL78229 могут использоваться совместно с 40-вольтовым 2.5-амперным синхронным понижающим контроллером



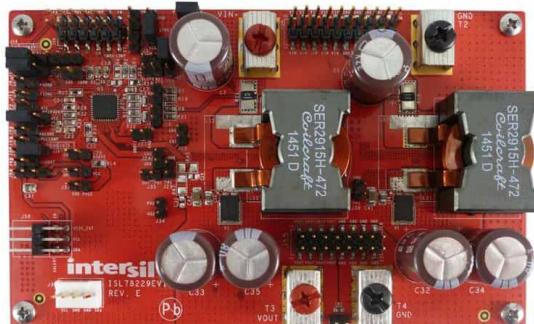
Окно программы PowerNavigator.

ISL78206, одноамперным LDO стабилизатором ISL78310 и трехамперным синхронным понижающим регулятором ISL78233.

### Цены и доступность

55-вольтовые контроллеры синхронных повышающих преобразователей ISL78227 уже выпускаются серийно в 32-выводных корпусах WFQFN размером 5 × 5 мм, и в партиях от 1000 приборов могут быть приобретены по

цене \$3.45 за штуку. Для ускорения процесса освоения новой микросхемы за \$127 можно купить оценочную плату ISL78227EV1Z.



Оценочная плата ISL78229EV1Z.

55-вольтовые контроллеры ISL78229 также запущены в массовое производство, и предлагаются в 40-выводных корпусах WFQFN размером 6 × 6 мм по цене \$3.95 за штуку при размере лота от 1000 приборов. Оценочные платы ISL78229EV1Z продаются по цене \$172 за штуку.

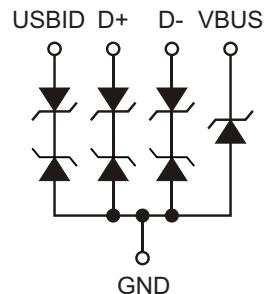
## Diodes анонсирует новые приборы для защиты интерфейсов USB OTG и USB PD

Компания Diodes представила новый массив супрессоров D5V0F3B6LP20, предназначенный для линий данных и питания интерфейса USB, и являющийся одним из самых надежных защитных устройств в своем классе приборов. Супрессоры рассчитаны на использование в потребительских и мобиль-



ных приложениях с интерфейсом USB, и, прежде всего, в тех, где реализован новый протокол USB PD (Power Delivery), поддерживающий быструю зарядку и повышенный расход мощности подключаемых устройств.

В устройстве D5V0F3B6LP20 интегрированы три двунаправленных канала ввода/вывода и один канал VBUS, обеспечивающий защиту VBUS от генерируемых грозовыми разрядами импульсных помех мощностью до 3.2 кВт с пиковыми импульсными токами до 80 А. Низкая входная емкость линий ввода/вывода, не превышающая 0.4 пФ, обеспечивает совместимость с высокоскоростными портами данных USB 2.0 OTG, а также поддержку скоростей обмена USB 3.x.



При максимальных токах утечки по линиям данных и VBUS всего 50 нА, D5V0F3B6LP20 не только продлит срок служ-

бы батарей в обычных устройствах, но и станет незаменимым компонентом в приложениях с особо строгими требованиями к величинам утечек, например, в медицинском оборудовании. Помимо более высокого по

сравнению с конкурирующими изделиями уровня надежности защиты, новые супрессоры, благодаря миниатюрным корпусам DFN2020, обеспечивают значительную экономию площади печатной платы.

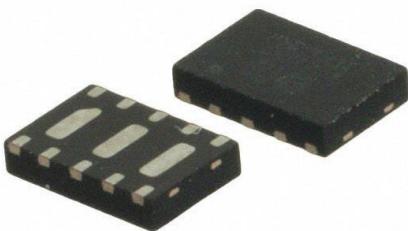
## Semtech расширяет платформу RailClamp устройств защиты промышленных интерфейсов от бросков напряжения

Новый прибор RClamp0534N компании Semtech поможет защитить линии данных промышленных интерфейсов от опасных электростатических разрядов

Компания Semtech анонсировала новый прибор RClamp0534N, содержащий массив из четырех супрессоров низкой емкости для защиты промышленных интерфейсов от бросков напряжения.



Выпускаемые в крошечном корпусе площадью 3.0 × 2.0 мм, RClamp0534N выдерживают 25-амперные импульсы тока с соотношением фронтов 8/20 мкс. Четыре канала прибора могут использоваться для защиты линий интерфейсов разнообразных промышленных приложений от электростатических разрядов, высокочастотных электромагнитных помех и импульсных помех большой мощности, генерируемых грозовыми разрядами.



RClamp0534N отличается впечатляюще низким напряжением фиксации и взаимной емкостью линий менее 2 пФ. Высокая устойчивость к помехам от грозовых разрядов (25 А,  $t_f/t_H = 8/20$  мкс) отвечает самым жес-

тым требованиям, предъявляемым к уровню защиты промышленных сетей Ethernet. Эти особенности делают RClamp0534N идеальным средством защиты Ethernet и других интерфейсов передачи данных в промышленных сетях.

Разработанная Semtech платформа RailClamp сочетает высокий уровень защиты от электростатических разрядов с ультра низкой емкостью перехода. Большая перегрузочная способность и низкая емкость, достигнутые благодаря использованию самого совершенного в отрасли технологического процесса компании Semtech, обеспечивают лучшее среди конкурирующих изделий напряжение фиксации при значительно сниженных значениях тока утечки и емкости.

### Ключевые особенности RClamp0534N

- Защита высокоскоростных линий связи:
  - IEC 61000-4-2 (электростатический разряд): ±30 кВ (воздушный промежуток),
  - IEC 61000-4-4 (высокочастотные электромагнитные помехи): 40 А (5/50 нс),
  - IEC 61000-4-5 (импульсные помехи большой мощности): 25 А (8/20 мкс);
- Номинальное рабочее напряжение защиты 5 В;
- Высокая перегрузочная способность: 25 А (8/20 мкс);
- Защита четырех линий ввода/вывода или двух дифференциальных пар;
- Низкая взаимная емкость линий: менее 2 пФ;
- Сверхминиатюрный корпус размером 3.0 × 2.0 × 0.6 мм;
- Не содержат свинца и отвечают требованиям директив RoHS/WEEE.

## Цены и доступность

RClamp0534N могут поставляться в промышленных объемах немедленно по получении заказа. Для лотов из 10,000 приборов

установлена цена \$0.42 за штуку. Semtech готова оказывать разработчикам всестороннюю поддержку, включая сервисное обслуживание и помочь в организации производства.

## Texas Instruments разработала широкополосный синтезатор частот с лучшими в отрасли характеристиками

*Широкий частотный диапазон до 9.8 ГГц и лучшие в отрасли значения фазовых шумов упрощают конструкцию радиосистем*

Texas Instruments (TI) представила самые совершенные на сегодняшнем рынке микросхемы фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) с интегрированными генераторами, управляемыми напряжением (ГУН). При самых низких в отрасли фазовых шумах однокристальные устройства LMX2582 и LMX2592 позволяют разработчикам достичь уровня характеристик, для реализации которых еще недавно требовалось использование нескольких дискретных устройств.



Новые широкополосные синтезаторы поддерживают выходные частоты до 9.8 ГГц, позволяя с помощью единственного устройства создавать конечные приложения, работающие в различных частотных диапазонах, включая контрольно-измерительную аппаратуру, системы военного назначения, СВЧ ретрансляторы, спутниковое оборудование и элементы инфраструктуры беспроводных коммуникаций.

### Ключевые особенности и преимущества

- **Лучший в своем классе уровень фазовых шумов ГУН:**

При частоте несущей 1.8 ГГц и разомкнутой петле управления ГУН уровень фазо-

вых шумов равен  $-144.5 \text{ дБн/Гц}$  при смещении 1 МГц. Эти устройства являются первыми в отрасли схемами ФАПЧ с интегрированным ГУН, отвечающими стандарту глобальный цифровой мобильной телефонной связи (GSM) с несколькими несущими частотами.

- **Превосходные характеристики фазовых шумов ФАПЧ:**

При самом низком в отрасли уровне нормализованных шумов ФАПЧ, равном  $-231 \text{ дБн/Гц}$  и максимальной частоте фазового детектора 400 МГц устройства обеспечивают крайне низкий уровень суммарных помех со среднеквадратичным фазовым джиттером 47 фс. Приборы удовлетворяют требованиям к низкому уровню шумов тактируемых высокоскоростных преобразователей, таких, например, как выпускаемые TI лучшие в отрасли АЦП одновременной выборки ADC12J4000.

- **Расширенный диапазон частот:**

LMX2592 и LMX2582, поддерживая диапазоны от 20 МГц до 9.8 ГГц и до 5.5 ГГц, соответственно, позволяют разработчикам заменить несколько узкополосных устройств единственной схемой ФАПЧ для всего диапазона широкополосных систем.

- **Сниженные уровни побочных составляющих:**

Использованная в устройстве технология подавления побочных составляющих дает возможность удалять спектральные артефакты, возникающие в режиме целочисленного деления, позволяя разработчикам увеличить плотность каналов их систем.

- **Интегрированная архитектура:**

Встроенные LDO стабилизаторы компенсируют нестабильность источников питания и повышают помехозащищенность.

Разветвитель канала позволяет разработчикам сконфигурировать до двух дифференциальных выходов.

## Инструменты и средства ускорения разработки

С помощью оценочных модулей LMX2592EVM и LMX2582EVM инженеры могут быстро и легко оценить характеристики LMX2592 и LMX2582. Модули уже доступны для приобретения по цене \$299 за штуку непосредственно у TI или у авторизованных дистрибуторов компаний.

Процесс проектирования систем с использованием LMX2592 и LMX2582, а также других устройств тактирования и синхронизации из портфеля TI, упростит программный онлайн инструмент WEBENCH Clock Architect. Программа может рекомендовать дерево решений, основанных на одном или нескольких из множества устройств, содержащихся в обширной базе данных Clock Architect. Инструментарий поддерживает проектирование фильтров петли ФАПЧ, моделирование фазовых шумов, а также позволяет разработчикам оптимизировать конструкции дерева синхронизации в соответствии с конкретными требованиями к их характеристикам и стоимости.



Оценочный модуль LMX2592EVM.

Техническая поддержка доступна в сообществе пользователей TI E2E и на форумах, где инженеры могут поискать готовые решения, получить помощь, поделиться знаниями и решить проблемы со своими коллегами и экспертами TI.

## Корпус, доступность и цены

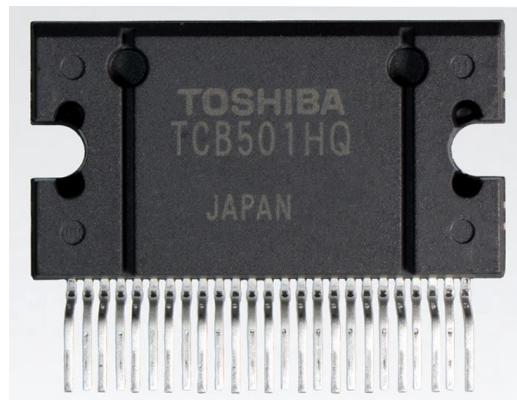
LMX2592 и LMX2582 предлагаются в 40-контактных без выводных корпусах QFN с размерами 6 × 6 мм. Для партий из 1,000 микросхем для LMX2592 установлена цена \$19.00 за штуку, а для LMX2582 – \$9.00.

## Toshiba приступает к производству мощных 4-канальных усилителей для автомобильных аудиосистем

Корпорация Toshiba анонсировала начало производства микросхем четырехканальных усилителей мощности TCB501HQ с встроенной схемой контроля постоянной составляющей выходного сигнала, которая нередко становится причиной повреждения громкоговорителей. Начало массового производства запланировано на июнь 2016 года.

Специально для этого устройства была разработана принципиально новая схема, непрерывно измеряющая смещение выходного сигнала. Контроль постоянной составляющей во время воспроизведения звука с использованием традиционных методов очень сложен. Новые микросхемы Toshiba измеряют величину постоянной составляющей, обусловленной утечками входного конденсатора и другими источниками, даже во время воспроизведения звука, гарантируя безопасную работу громкоговорителя.

В микросхемы интегрирована система обратной связи по току, принятая в аудио устройствах классов High-End и Hi-Fi. Это предотвращает деградацию звука при широкой полосе входного сигнала, постоянно поддерживающая его качество на высоком уровне.



## Технические характеристики

- Обозначение: TCB501HQ;
- Максимальная выходная мощность: 49 Вт ( $V_{CC} = 15.2$  В,  $R_H = 4$  Ом);
- Диапазон рабочих напряжений питания:
  - $R_H = 4$  Ом: 6 В ... 18 В,
  - $R_H = 2$  Ом: 6 В ... 16 В;
- Напряжение смещения выхода: 90 мВ;
- Напряжение выходных шумов: 33 мкВ;
- Особенности и встроенные функции:
  - Высокая выходная мощность и низкие искажения;

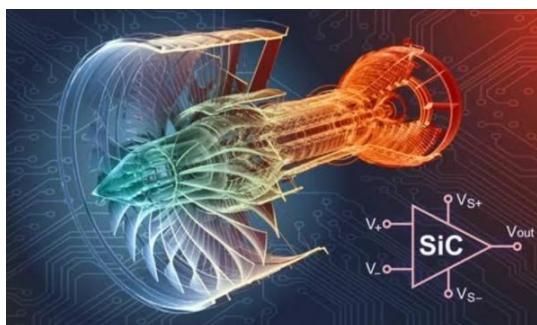
- Встроенная функция бесшумной настройки, режим пониженного потребления, измерение уровня постоянной составляющей, контроль коротких замыканий выхода, драйвер транзистора верхнего плача;
- Работа при напряжении питания 6 В (с возможностью перехода в режим ожидания для снижения потребляемой мощности);
- Набор схем защиты: от перегрева, перенапряжения, замыкания выхода на шины питания и замыкания выходов друг с другом;
- Корпус: HZIP25-P-1.00F;
- Цена единичных образцов (с налогами): ¥500 за штуку.

## Карбид-кремниевая аналоговая схема работает при температуре выше 400 °C

Julien Happich

EE Times Europe

Британское подразделение американской компании Raytheon совместно с Ньюкаслским университетом разработала карбид-кремниевую усилительную схему с характеристиками подобными операционному усилителю, имеющую коэффициент усиления 200 при температуре 400 °C.



Если такой усилитель изготовить в виде законченного герметизированного устройства, он найдет широкое применение в контурах регулирования множества индустриальных приложений, работающих в особо тяжелых условиях, таких как аэрокосмическая промышленность, нефте- и газодобыча, а также оборудование для геотермальной и ядерной энергетики.

«До настоящего времени карбид кремния привлекал внимание лишь разработчиков силовой электроники из-за способности материала хорошо рассеивать генерируемое внутреннее тепло, – говорит доктор Алтон Хорсфол, преподаватель полупроводниковой технологии Университета Ньюкасла. – Однако в этом проекте мы сосредоточились на создании схемы, которая могла бы работать в условиях высоких температур и других неблагоприятных факторов окружающей среды. Это позволило бы устанавливать схемы мониторинга состояния на газовых турбинах или внутри первичного контура теплоносителя ядерного реактора, температура которых составляет примерно 350 °C».

Сердцем усилителя является малосигнальный полевой транзистор с горизонтальной структурой и управляемым р-п переходом. Благодаря отсутствию подзатворного окисла такая структура обеспечивает значительное повышение надежности при работе в неблагоприятных условиях окружающей среды. Кроме того, это улучшает стабильность порогового напряжения и снижает собственные шумы, делая подобные структуры особенно подходящими для реализации.

ции высокотемпературных малошумящих усилительных схем. Созданная схема представляет собой полностью дифференциальный трехкаксадный усилитель с выходным истоковым повторителем, оптимизированный для работы с источником питания  $\pm 15$  В. Устройство можно доработать, чтобы повысить напряжение питания до  $\pm 45$  В, увеличив, таким образом, запас схемы по напряжению.

Лабораторные исследования показали, что при комнатной температуре схема имеет коэффициент усиления более 1500. По словам Хорсфола, верхний температурный диапазон 400 °С был ограничен только используемыми пассивными компонентами. Такая интеграция монолитного карбид-кремниевого операционного усилителя может положить начало коммерческому использованию высокотемпературных схем.

## Texas Instruments анонсирует микромощные понижающие преобразователи с самым низким в отрасли током потребления

150-миллиамперные синхронные DC/DC стабилизаторы оптимизируют КПД при малых токах нагрузки в устройствах промышленной автоматизации и автомобильной электроники

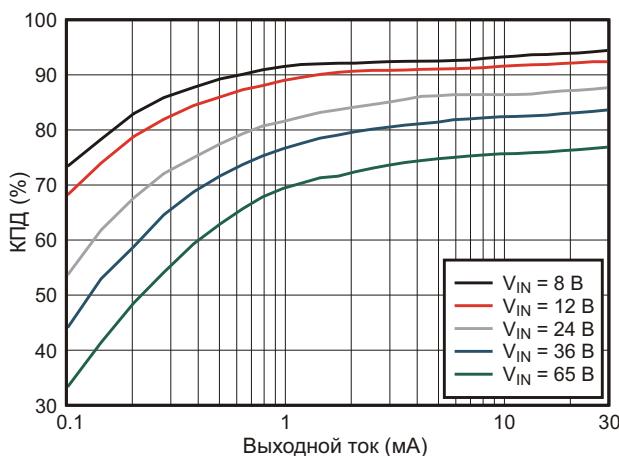
Texas Instruments (TI) представила два 65-вольтовых синхронных понижающих DC/DC преобразователя с выходными токами до 150 мА, имеющих самые низкие в отрасли токи покоя – 10.5 мкА, – и предназначенных для систем автоматизации производственных процессов и автомобильных датчиков, требующих особо высоких значений КПД. Версии микромощных регуляторов LM5165 для автомобильных приложений и LM5165-Q1 – для промышленных работают в широком диапазоне входных напряжений и имеют два режима управления, позволяющих оптимизировать как КПД, так и площадь, занимаемую схемой на печатной плате. Инженеры смогут решить задачи промышленной автоматизации значительно проще и быстрее, воспользовавшись онлайн инструментом проектирования WEBENCH Power Design.

Широкий диапазон рабочих напряжений от 3 В до 65 В позволяет микромощным регуляторам LM5165 и LM5165-Q1 безопасно отрабатывать самые высокие броски напряжения, возникающие в промышленных датчиках и программируемых логических контроллерах, а также в бортовых устройствах оборудованных старт-стопными системами автотранспортных средств при питании от 12- и 24-вольтовых свинцовых, или от появляющихся 48-вольтовых литий-ионных аккумуляторов. Интегрированные сдвоенные MOSFET сокращают площадь печатной платы, а схема программируемого порога ограничения выходного тока позволяет уменьшить размеры дросселя. Оба регулятора могут работать при повышенных температурах перехода до 150 °С. Версия LM5165-Q1 выпускается в соответствии с нормами стандарта автоэлектроники AEC-Q100.

### Ключевые особенности и преимущества LM5165 и LM5165-Q1

- Благодаря низкому току покоя 10.5 мкА (в отсутствие нагрузки) КПД преобразования в диапазоне выходных токов от 1 мА до 10 мА достигает 90%, тем самым увеличивая ресурс батарей в приложениях с постоянно включенным питанием.
- В режиме с коэффициентом заполнения 100% работающему с низким падением напряжения Р-канальному MOSFET верхнего плеча не требуется бутстрепный диод и конденсатор.





Типичная зависимость КПД от тока нагрузки при выходном напряжении 5 В.

- Два режима управления: частотно-импульсная модуляция (ЧИМ) обеспечивает наибольший КПД источника питания, в то время как режим с фиксированным временем включения (constant on-time – СОТ) обеспечивает большие выходные токи и меньший уровень электромагнитных излучений.
- Версии с фиксированными выходными напряжениями 3.3 В и 5 В не требуют внешних резистивных делителей.
- Программируемый порог ограничения тока позволяет оптимизировать размеры и стоимость дросселя.

LM5165 и LM5165 присоединились к семейству выпускаемых TI поникающих DC/DC

преобразователей с широким диапазоном входных напряжений, в которое входят микросхемы LM5017, LM5160 и TPS54062.

## Доступность, корпуса и цены

Регуляторы выпускаются серийно и могут быть приобретены непосредственно у TI или у авторизованных дистрибуторов компаний. Микросхемы поставляются в 10-выводных корпусах VSON с размерами 3x3 мм. В лотах из 1000 приборов LM5165 и LM5165-Q1 продаются по цене \$1.35 и \$1.58 за штуку, соответственно. Также доступны для заказа оценочные модули LM5165EVM-HD-C50X (режим СОТ) и LM5165EVM-HD-P50A (режим ЧИМ).



Оценочный модуль LM5165EVM-HD-C50X.

# Как обойти «подводные камни» при конструировании мостовых датчиков

Gustavo Castro и Scott Hunt, Analog Devices

Analog Dialogue

С помощью инструментальных усилителей вырабатываемые датчиками электрические сигналы можно преобразовывать к виду, позволяющему их оцифровать, хранить или использовать для управления. Выходной сигнал датчика, как правило, очень мал, поэтому чаще всего усилитель должен иметь высокий коэффициент усиления. Кроме того, сигнал может иметь большую синфазную составляющую или постоянное смещение. Прецизионные инструментальные усилители имеют высокий коэффициент усиления, селективно усиливая разность напряжений между двумя входами и подавляя сигналы, общие для обоих входов.

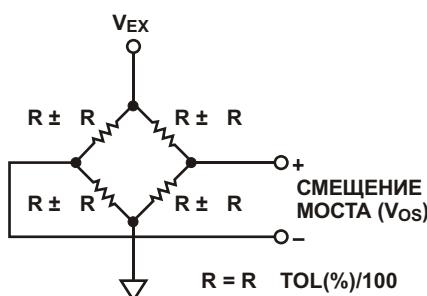


Рисунок 1. Напряжение смещения моста Уинстона.

Классическим примером такой ситуации является мост Уинстона, однако схожие характеристики имеют и некоторые гальванические элементы, например, биодатчики. Поскольку выходной сигнал моста дифференциальный, для прецизионных измерений предпочтительно использовать инструментальный усилитель. В идеале, выходное напряжение ненагруженного моста равно

нулю, но это верно лишь тогда, когда все четыре резистора абсолютно одинаковы. Рассмотрим показанный на Рисунке 1 мост, построенный из дискретных резисторов. В наихудшем случае дифференциальное напряжение смещения  $V_{os}$  равно

$$V_{os} = V_{EX} \frac{TOL}{100}, \quad (1)$$

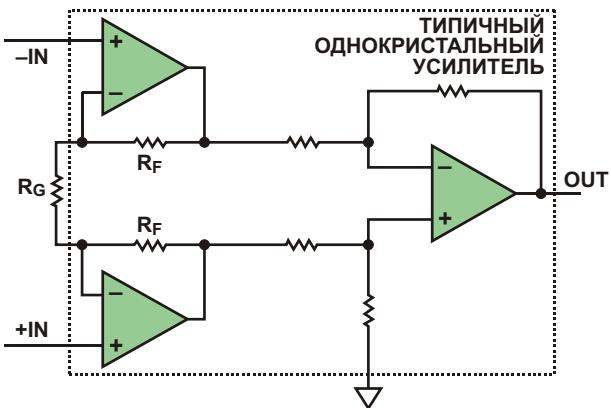
где

$V_{EX}$  – напряжение возбуждения моста,

$TOL$  – разброс сопротивлений резисторов (в процентах).

Например, при разбросе сопротивлений резисторов 0.1% и напряжении возбуждения 5 В смещение дифференциального напряжения может достигать 5 мВ. Если для получения требуемой чувствительности моста требуется усилитель с коэффициентом усиления 400, то смещение на выходе усилителя станет равным  $\pm 2$  В. В случае, когда усилитель питается от того же источника и имеет выход rail-to-rail, более 80% размаха выходного напряжения может находиться только на напряжение смещения. При общей тенденции снижения напряжений питания эта проблема только обостряется.

Традиционная архитектура инструментального усилителя на трех операционных усилителях (ОУ), показанная на Рисунке 2, имеет дифференциальный каскад усиления с последующим вычитающим устройством, удаляющим синфазное напряжение. Поскольку усиление происходит в первом каскаде, смещение усиливается во столько же раз,



**Рисунок 2.** Топология инструментального усилителя на трех ОУ.

что и полезный сигнал. Поэтому единственным способом компенсации смещения может быть только добавление напряжения противоположной полярности на вход опорного напряжения REF. Основное ограничение этого метода связано с тем, что если первый каскад усилителя уже насыщен, компенсация напряжением смещения REF станет невозможной. Существует несколько способов обхода этого ограничения:

- Шунтирование моста внешним резистором, подбираемым для каждого конкретного случая, что, однако, непрактично для автоматизированного производства и не позволяет выполнять регулировку в готовом изделии.
- Снижение коэффициента усиления первого каскада, компенсация смещения подстройкой напряжения на выводе REF и добавление второго каскада для получения требуемого коэффициента усиления.
- Снижение коэффициента усиления первого каскада, дискретизация выходного сигнала с помощью АЦП большой разрядности и программная компенсация напряжения смещения.

В последних двух случаях нужно закладываться на наихудшее отклонение напряжения смещения от первоначального значения, еще больше снижая максимальное усиление первого каскада. Эти решения далеко не идеальны, поскольку для получения высокого усиления первого каскада, необходимого для обеспечения высокого коэффициента подавления синфазных сигналов (CMRR) и низких шумов, требуется дополнительные затраты мощности, место на плате и расходы на ком-

поненты. Кроме того, связь по переменному току исключает возможность измерения постоянных или очень медленно меняющихся сигналов.

Инструментальные усилители с косвенной обратной связью по току (КОСТ), такие как AD8237 и AD8420, позволяют исключить напряжение смещения из сигнала до его усиления. На Рисунке 3 показана схемная реализация такой топологии.

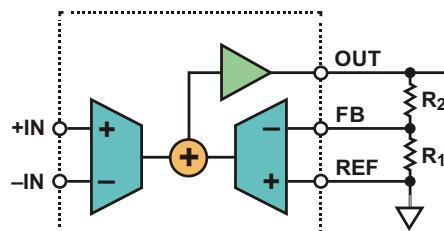
Передаточная функция подобного инструментального усилителя имеет такой же вид, как и в случае классической топологии с тремя ОУ, и описывается следующей формулой:

$$V_{\text{OUT}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} V_{\text{IN}} - V_{\text{IN}} V_{\text{REF}}. \quad (2)$$

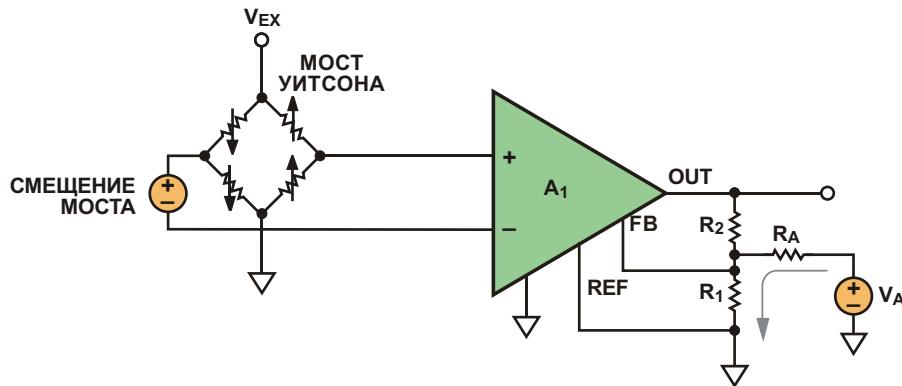
Поскольку при замкнутой петле обратной связи в этом усилителе напряжение между входами равно напряжению между выводами FB и REF, последнюю можно формулу переписать иначе:

$$V_{\text{OUT}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} V_{\text{FB}} - V_{\text{REF}} V_{\text{REF}}. \quad (3)$$

Формула говорит о том, что введение напряжения, равного смещению между выводами FB и REF, позволит установить на выходе нулевое напряжение даже при наличии большого входного смещения. Как показано на Рисунке 4, подстройка может выполняться инжекцией небольшого тока в узел обратной связи через резистор  $R_A$  от простого источника напряжения, например, от дешевого ЦАП или выхода ШИМ сигнала микроконтроллера.



**Рисунок 3.** Топология инструментального усилителя с косвенной обратной связью по току.



**Рисунок 4.** Схема моста с большим усилением и компенсацией напряжения смещения.

## Последовательность разработки

Из формулы (3) следует, что усиление определяется отношением резисторов  $R_1$  и  $R_2$ :

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}. \quad (4)$$

Разработчик должен определить величину сопротивлений резисторов. Большие значения снижают потребление мощности и облегчают нагрузку на выход; минимальные значения ограничены ростом ошибок, обусловленных влиянием тока смещения вывода FB и входным импедансом. Если сопротивление соединенных параллельно  $R_1$  и  $R_2$  превышает 30 кОм, резисторы начинают вносить заметный шум. Некоторые рекомендованные комбинации значений показаны в Таблице 1.

**Таблица 1.** Сочетания резисторов, рекомендуемые для различных коэффициентов усиления (резисторы с допуском 1%)

$R_1$ (кОм)	$R_2$ (кОм)	Усиление
Нет	0	1
49.9	49.9	2
20	80.6	5.03
10	90.9	10.09
5	95.3	20.06
2	97.6	49.8
1	100	101
1	200	201
1	499	500
1	1000	1001

Для упрощения вычисления величины  $R_A$  примем допущение, что источник питания двуполярный, вывод REF заземлен, а величина двуполярного напряжения подстройки

$V_A$  известна. Тогда выражение для выходного напряжения примет следующий вид:

$$V_{\text{OUT}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_2}{R_A} \cdot V_{\text{IN}} - \frac{R_2}{R_A} V_A. \quad (5)$$

Заметим, что передаточная функция от  $V_A$  к выходу имеет отрицательный знак; увеличение  $V_A$  уменьшает выходное напряжение на величину, определяемую соотношением резисторов  $R_2$  и  $R_A$ . На основании этого соотношения можно установить диапазон регулирования, максимальный для данного входного смещения. В связи с тем, что диапазон регулировки привязан к входу усилителя, то есть, к уровню не усиленного сигнала, выполнить точную настройку можно даже при низком разрешении источника. Поскольку в типичном случае  $R_A$  намного превосходит  $R_1$ , выражение (5) можно упростить следующим образом:

$$V_{\text{OUT}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{\text{IN}} - \frac{R_2}{R_A} V_A. \quad (6)$$

Для того чтобы найти такое значение  $R_A$ , при котором напряжение регулировки смещения  $V_{\text{IN}(\text{MAX})}$  будет максимальным при заданном диапазоне подстройки  $V_A(\text{MAX})$ , нужно, приравняв напряжение  $V_{\text{OUT}}$  к нулю, решить уравнение (6) относительно  $R_A$ :

$$R_A = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{V_{A(\text{MAX})}}{V_{\text{IN}(\text{MAX})}}. \quad (7)$$

где  $V_{\text{IN}(\text{MAX})}$  – максимальное ожидаемое смещение датчика.

Выражение (5) также показывает, что введение цепи компенсации смещения изменяет общий коэффициент передачи от входа к выходу. И хотя влияние этой цепи обычно незначительно, усиление  $G$  можно пересчитать по формуле:

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1} \frac{R_2}{R_A} . \quad (8)$$

В общем случае, для схем усиления сигналов мостовых датчиков напряжение на входе опорного напряжения должно быть положительным относительно общего провода, особенно если выходное напряжение моста может быть двуполярным. В случае, когда опорное напряжение  $V_{REF}$  задается источником с низким выходным сопротивлением, таким как показанный на Рисунке 5 резистивный делитель с буфером, выражение (5) принимает вид:

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= 1 + \frac{R_2}{R_1} \frac{R_2}{R_A} V_{IN} \\ &= \frac{R_2}{R_A} (V_A - V_{REF}) + V_{REF} . \end{aligned} \quad (9)$$

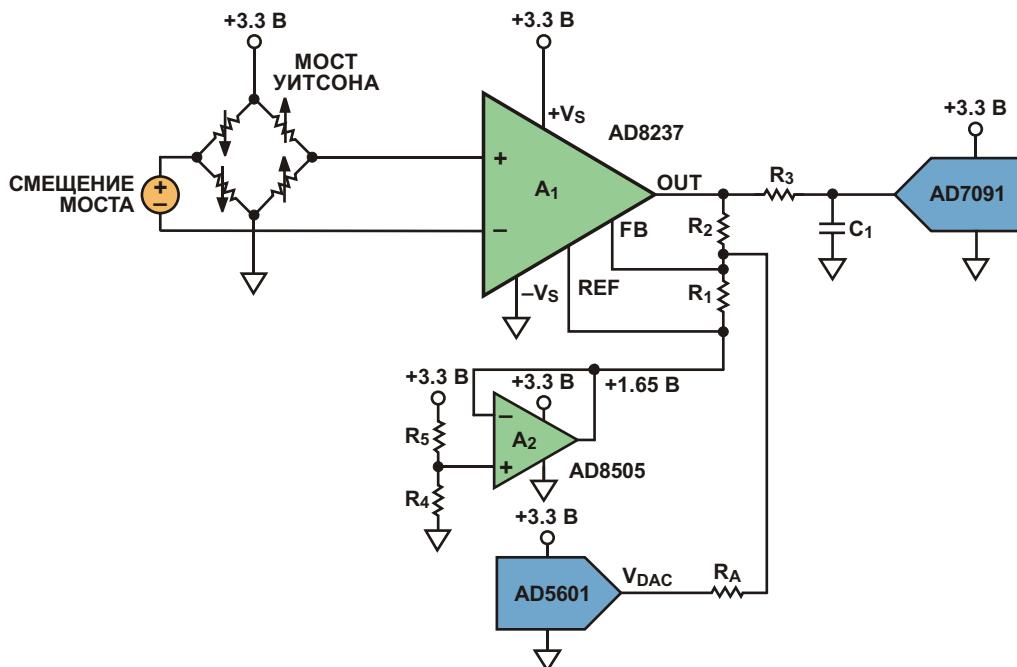
Такой же результат будет получен, если в исходных формулах  $V_{OUT}$  и  $V_A$  отсчитывать

относительно  $V_{REF}$ . При этом также необходимо  $V_{A(MAX)} - V_{REF}$  в выражении (7) заменить на  $A(MAX)$ .

### Пример разработки

Рассмотрим изображенный на Рисунке 4 усилитель мостового датчика с однополярным питанием, где для питания моста и усилителя используется напряжение 3.3 В. Полная шкала выходных напряжений моста равна  $\pm 15$  мВ, а смещение может достигать  $\pm 25$  мВ. Чтобы получить необходимую чувствительность, коэффициент усиления усилителя должен равняться 100, а диапазон входных напряжений АЦП должен составлять 0 ... 3.3 В. В связи с тем, что выходное напряжение моста может быть как положительным, так и отрицательным, опорное напряжение выбрано равным половине питания, то есть, 1.65 В. При коэффициенте усиления 100 только за счет смещения выходное напряжение усилителя может меняться от  $-0.85$  В до  $+4.15$  В, что превышает напряжения шин питания.

Решить эту проблему можно с помощью схемы, изображенной на Рисунке 5. Для нормализации сигнала мостового датчика использован инструментальный усилитель с КОСТ  $A_1$  типа AD8237. Усилитель  $A_2$  с резисторами  $R_4$  и  $R_5$  устанавливает нулевой уро-



**Рисунок 5.** Схема компенсации смещения, модифицированная для однополярного питания.

вень выходного напряжения  $A_1$  равным половине напряжения питания. Сдвиг нуля выходного напряжения, обусловленный смещением моста, компенсируется 8-разрядным ЦАП AD5601 через резистор  $R_A$ . Затем выходное напряжение усилителя оцифровывается микромощным 12-битным АЦП AD7091.

Подобрав с помощью Таблицы 1 сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  для коэффициента усиления 101, получим 1 кОм и 100 кОм, соответственно. Схема содержит ЦАП, выходное напряжение которого может меняться в диапазоне от 0 В до 3.3 В, или на  $\pm 1.65$  В относительно опорного уровня 1.65 В. Для расчета сопротивления  $R_A$  мы используем выражение (6). При  $V_{A(MAX)} = 1.65$  В и  $V_{IN(MAX)} = 0.025$  В получим  $R_A = 65.347$  кОм. Ближайшее доступное значение сопротивления с допустимым отклонением 1% равно 64.9 кОм, однако оно не оставляет запаса на отклонения, связанные с неточностью напряжения источника питания и температурным дрейфом параметров элементов, поэтому мы выбираем резистор с распространенным номиналом 49.9 кОм. Это приведет к некоторому снижению точности регулировки, но зато расширит ее диапазон.

Выражение (7) дает значение номинальной величины усиления, равное 103. Если разработчик захочет получить коэффициент усиления более близкий к 100, проще всего ему уменьшить величину  $R_2$  примерно на 3% до 97.6 кОм, что окажет очень незначительное влияние на величину  $R_A$ . С новыми сопротивлениями резисторов номинальный коэффициент усиления составит 100.6.

Поскольку размах выходного напряжения ЦАП равен  $\pm 1.65$  В, общий диапазон подстройки смещения определяется делителем напряжения, образованным  $R_A$  и параллельным соединением  $R_1$  и  $R_2$ , который может быть вычислен следующим образом:

$$V_{A\_RANGE} = \frac{R_1 || R_2}{R_1 || R_2 + R_A} V_{A(MAX)}$$

$$\frac{0.99 \text{ кОм}}{0.99 \text{ кОм} + 49.9 \text{ кОм}} (1.65 \text{ В}) = 32.1 \text{ мВ.}$$
(10)

Диапазон регулировки  $\pm 32.1$  мВ при компенсации максимального смещения моста  $\pm 25$  мВ оставляет запас в 28%. С 8-битным ЦАП шаг регулировки равен:

$$V_{A\_STEP} = \frac{2 \cdot V_{IN(MAX)}}{2^n}$$

$$\frac{64.2 \text{ мВ}}{256} = 250 \text{ мкВ.}$$
(11)

При разрешении подстройки в 250 мкВ остаточное смещение на выходе не превысит 12.5 мВ.

Параметры фильтра  $R_3$  и  $C_1$  могут быть выбраны на основе рекомендаций, приведенных в справочных данных на АЦП. Для AD7091 при скорости 1 млн. выборок в секунду они составляют 51 Ом и 4.7 нФ. При меньшей частоте выборки можно снизить эффек-

**Таблица 2. Сравнение усилителей AD8237 и AD8420**

Параметр	AD8237	AD8420
Технология	КМОП (Zero-drift)	Биполярная
Ток потребления, мкА	130	80
Напряжение питания, В	1.8 ... 5.5	2.7 ... 36
Диапазон входных напряжений, В	$-V_S - 0.3 \dots +V_S + 0.3$	$-V_S - 0.15 \dots +V_S - 2.2$
Ограничение дифференциального входного напряжения, В	$\pm(V_S - 1.2)$	$\pm 1$
Выход Rail-to-Rail	Да	Да
CMRR (при $G = 100, 0 \dots 60$ Гц), дБ	114	100
Напряжение смещения, мкВ	75	125
Темп. коэффициент напряжения смещения, мкВ/°С	0.3	1
Спектральное распределение напряжения шума, нВ/ Гц	68	55
Погрешность коэффициента усиления (при $G = 100$ )	0.005%	0.1%
Дрейф коэффициента усиления ppm/°С	0.5	10
Полоса по уровню 3 дБ (при $G = 100$ ), кГц	10	2.5
Корпус	MSOP-8	MSOP-8

ты наложения спектра и шумы, увеличив значения сопротивления и емкости.

Дополнительным преимуществом этой схемы является возможность регулировки смещения моста на этапе производстве или монтажа. Если условия окружающей среды, гистерезис датчика или долговременный дрейф изменили напряжение смещения, регулировку схемы можно произвести повторно.

Истинный rail-to-rail вход микросхемы AD8237 определяет предпочтительную область ее использования мостовыми схемами с очень низким напряжением питания. Для обычных промышленных приложений, где требуются относительно высокие напряжения питания, хорошей альтернативой будет AD8420. Этот инструментальный усилитель с КОСТ потребляет на 60% меньший ток при напряжении питания от 2.7 В до 36 В.

В Таблице 2 сравниваются два инструментальных усилителя. Там, где возможно, были использованы минимальные и максимальные значения параметров, приведенные в справочных данных. **РЛ**

## Ссылки

1. [AN212 Application Note. Handling Sensor Bridge Offset.](#) Honeywell International Inc., Rev 05-05.
2. [HMC1001/HMC1002/HMC1021/HMC1022 1- and 2-Axis Magnetic Sensors Data Sheet.](#) Honeywell International Inc., 2008.
3. Kitchin, Charles and Lew Counts. [A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers](#). 3rd Edition. Analog Devices, Inc., 2006.
4. NPC-410 Series Data Sheet. GE Sensing, 2006.
5. Product Training Module. [Indirect Current Feedback Instrumentation Amplifier Applications Guide](#). Digi-Key Corporation.
6. Walsh, Alan. «[Front-End Amplifier and RC Filter Design for a Precision SAR Analog-to-Digital Converter.](#)» Analog Dialogue, Volume 46, 2012.

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD5601](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD7091](#)
3. [Datasheet Analog Devices AD8237](#)
4. [Datasheet Analog Devices AD8420](#)
5. [Datasheet Analog Devices AD8505](#)

# Разделение и арбитраж двунаправленной последовательной шины

Jeff Anderson

EDN

## Введение в двунаправленные шины

Двунаправленные шины, такие, например, как I<sup>2</sup>C, SMBus и LIN, получили повсеместное распространение в современной электронике, отчасти благодаря их простоте. С помощью всего двух проводов – для передачи сигналов данных и синхронизации – они позволяют общаться друг с другом множеству устройств. Согласно спецификации шины I<sup>2</sup>C, к каждой линии данных и синхронизации допускается подключение до 128 устройств,

что обеспечивается внешними подтягивающими резисторами и драйверами с открытыми стоками в каждом устройстве. Если не одно из устройств не передает «0», подтягивающий резистор удерживает шину в состоянии «1». Однако любое устройство может опустить шину в «0».

Ведущие устройства (задатчики) могут управлять шиной в любой момент, а ведомые должны ответить на запросы ведущего в течение определенного периода времени после приема запроса. В конфигурации с несколькими ведущими каждое устройство, выступающее задатчиком, само должно выполнять

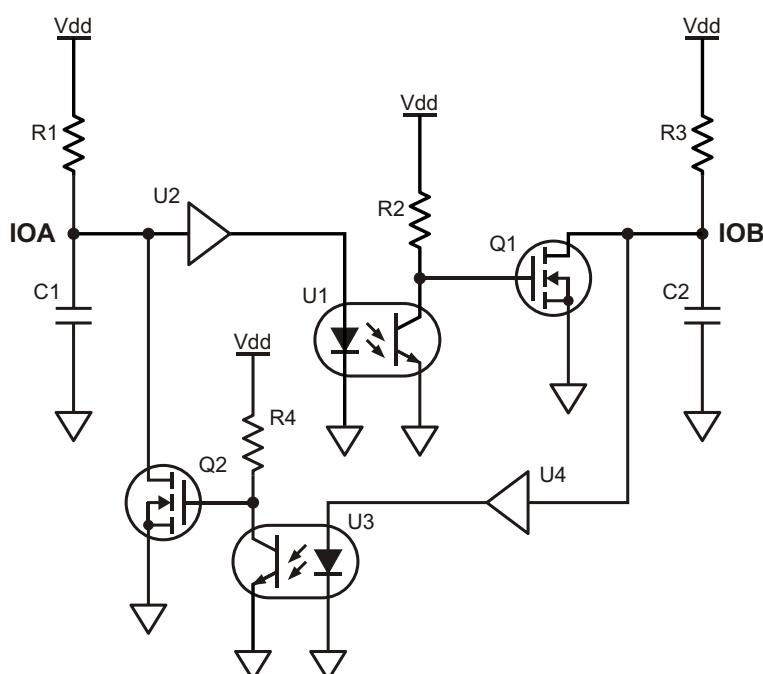
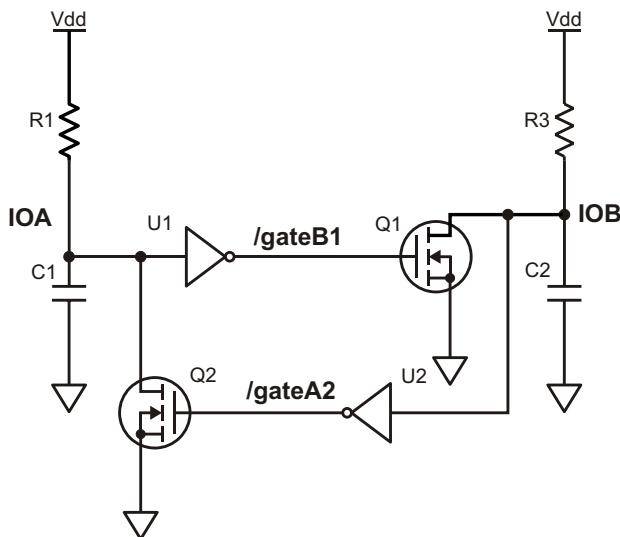


Рисунок 1. Изоляция двунаправленной шины.



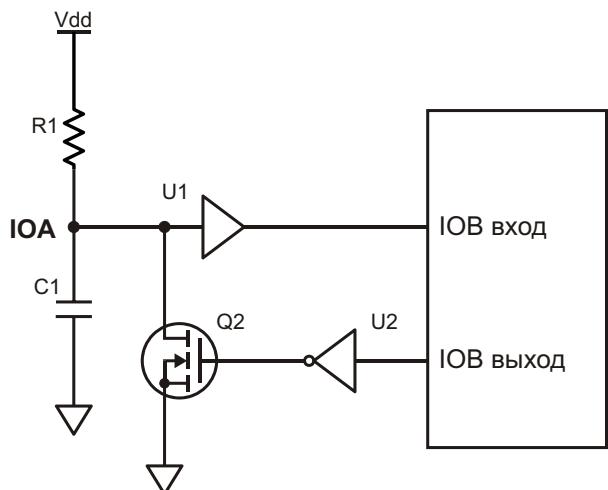
**Рисунок 2.** Повторитель двунаправленной шины.

арбитраж шины. Задатчик, желающий получить контроль над шиной, должен проверить ее, выставив на шину «0». Это информирует остальных ведущих о том, что шина будет занята.

### Зачем разделять двунаправленную шину?

Спецификация шины  $I^2C$  [1] содержит пример эталонной схемы, позволяющей разделять ее на входную и выходную пары. Такая конфигурация может потребоваться по нескольким причинам. Прежде всего, разделение шины используется для оптической изоляции ведущего устройства от ведомых при повышенных требованиях к безопасности, в случае зашумленности линий передачи или при невозможности обеспечить надежное заземление (Рисунок 1). Кроме того, сигналы разделенной шины можно усиливать (Рисунок 2), а, заменив усилитель схемой преобразователя интерфейсов, можно сменить среду передачи информации. Это позволяет увеличить рабочую длину шины и улучшить ее характеристики за счет снижения емкости. По мере снижения емкости линий доминирующее влияние на постоянную времени шины начинают оказывать подтягивающие резисторы.

Для разработчиков контроллеров двунаправленных шин разделение шины может использоваться в целях отладки. Обычно отладка двунаправленных протоколов представляет собой непростую задачу, поскольку

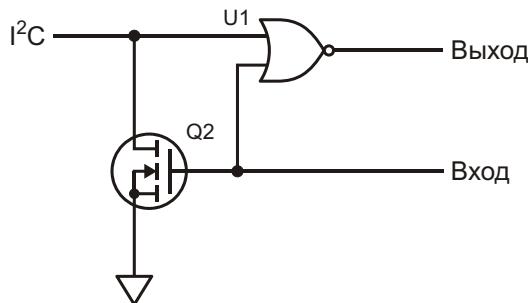


**Рисунок 3.** Разделенная шина, подключенная к порту ввода/вывода общего назначения.

вполне вероятна ситуация, при которой работающий неправильно контроллер выставляет на шине «0» в то же время, когда другой контроллер пытается установить контроль над шиной. Это сделает идентификацию передающего устройства на шине невозможной без информации о внутренних состояниях контроллеров всех устройств. Однако контроль линий  $/gateB1$  и  $/gateA2$  (Рисунок 2) позволяет идентифицировать оба передающих устройства и выявлять любые одновременные обращения с использованием лишь стандартного лабораторного оборудования и обычных технологий отладки.

Наконец, возможно использование технологии разделения шины для подключения устройства, поддерживающего интерфейс  $I^2C$ , к другому устройству, не имеющему контроллера  $I^2C$ . В этом случае разделенная шина может быть подключена к портам вывода/вывода общего назначения другого устройства (Рисунок 3).

Опубликовано немало схем, позволяющих разделять двунаправленные шины. К сожалению, примеры решений, демонстрирующих разделение шин, требуют разработки специальных схем для каждого приложения (как следует из публикаций) или внешней управляющей логики (как показано в описании стандарта  $I^2C$ ), использующей проходные логические вентили для того, чтобы в процессе обмена не образовывались замкнутые контуры, приводящие к «зашелкиванию». Условия для защелкивания, очевидным образом, существуют в схеме на Рисун-



**Рисунок 4.** Схема двухстороннего арбитража.

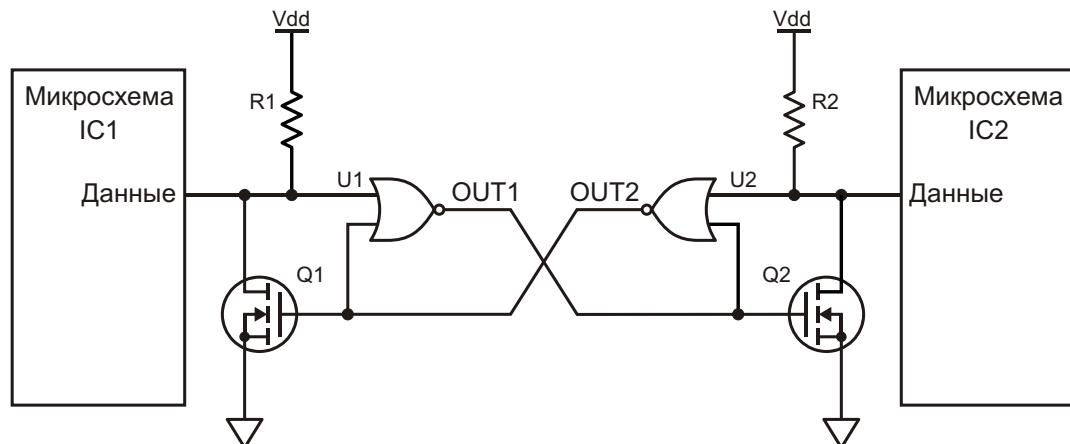
ке 2, где узел IOA, выставив на шине «0», через /gateB1 открывает транзистор Q1, в результате чего потенциал узла IOB опускается в «0», что, в свою очередь, открывает Q2 высоким уровнем на /gateA2, опуская вниз потенциал IOA.

Представленный в этой статье двухсторонний арбитр может разделять шину на передающую и приемную пары, и сконструирован универсальным, что позволяет использовать его в любых приложениях с разделен-

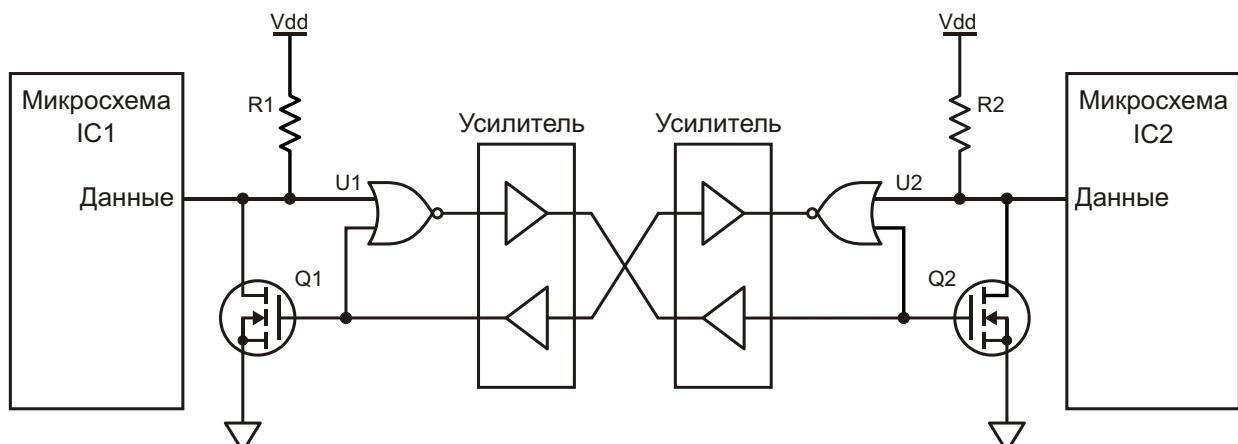
ной шиной. Кроме того, он не требует внешней управляющей логики – управление осуществляется исключительно на основании состояния шины данных (Рисунок 4).

## Двухсторонний арбитраж

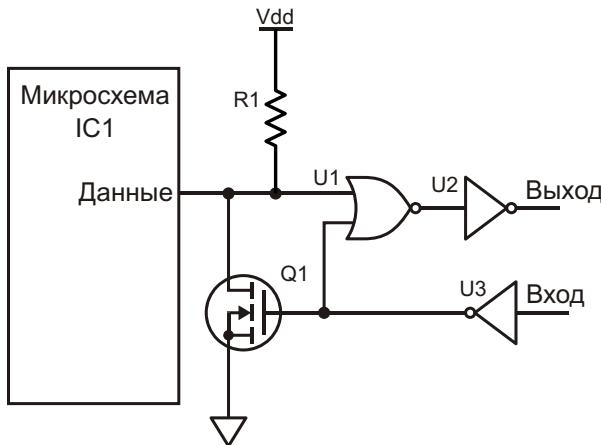
Изображенный на Рисунке 5 арбитр, обра- зованный двумя перекрестными схемами разрешения из Рисунка 4, будет работать всегда, так как двунаправленные шины, по определению, поддерживают только полу-дуплексный обмен. В неактивном режиме линии данных подтягиваются к шине питания резисторами R1 и R2, вследствие чего выходы OUT1 и OUT2 находятся в состоянии «0». В этих условиях оба N-канальных MOSFET выключены. Когда микросхема IC1 выставля- ет на линии данных «0», на выходе OUT1 уста- новливается уровень «1», открывающий тран- зистор Q2 и опускающий вниз потенциал шины данных микросхемы IC2. Одновремен- но сигнал OUT1 поступает на вход вентиля



**Рисунок 5.** Двухсторонний арбитраж двунаправленной шины.



**Рисунок 6.** Двухсторонний арбитраж с усилением сигналов шины.



**Рисунок 7.** Подключение линии интерфейса  $I^2C$  к порту ввода/вывода.

«ИЛИ-НЕ» U2, разрывая петлю обратной связи между OUT2 и Q1. Этот разрыв исключает возможность защелкивания, делая ненужной какую-либо другую управляющую логику, поскольку схема, первой претендующая на линию данных, выигрывает гонку и блокирует остальную схему через вентиль «ИЛИ-НЕ».

Универсальный характер схемы позволяет использовать ее для двухстороннего арбитража в любых приложениях с разделенной шиной. На Рисунке 6 приведен пример разделения шины в целях усиления сигналов. Эту схему легко расширить на случаи преобразования среды передачи и изоляции шины, заменив усилители, соответственно, преобразователями интерфейсов или оптоизоляторми. Для отладки шинных контроллеров можно отслеживать состояние линий

между усилителями, что поможет идентифицировать неисправности контроллеров шины. На Рисунке 7 показано включение двухстороннего арбитра между шиной  $I^2C$  и портом ввода/вывода общего назначения.

## Заключение

Есть ряд причин, по которым возникает необходимость разделения двунаправленной шины на приемные и передающие пары. От увеличения пропускной способности и длины линии передачи до возможности отладки – многие разработчики оценят эти преимущества разделения шины и сочтут их полезным в тот или иной момент своей деятельности.

Двухсторонний арбитраж – это метод арбитража, применимый к большинству приложений с разделенной шиной. Опираясь на специфику обмена по двунаправленной шине, он не требует внешних компонентов и достаточно универсален, чтобы, не внося ненужных усложнений, использоваться во многих приложениях. **РЛ**

## Ссылки

1. NXP Semiconductor, “ $I^2C$  Bus Specification and User Manual”
2. Blom, E., “Optically isolating an  $I^2C$  interface: Beware of nonlinear propagation delays”, EDN, April 2012
3. Thoren, M., “Method provides fast, glitch-free isolation of  $I^2C$  and SMBus signals”, EDN, June 2004

# Неужели улицы со светодиодным освещением выглядят как тюремный двор в лучах прожекторов?

Carolyn Mathas

EDN

**Ю**джин, штат Орегон, находится в процессе перевода уличного освещения с натриевых ламп высокого давления на светодиоды. Из планируемых на этот проект \$1.5 млн. с учетом территориальных скидок и налоговых льгот Министерства энергетики город потратил уже \$850,000. Однако достигнутые результаты радуют не всех.

Некоторые жители считают, что светильники напоминают прожекторы на вертолете или на вышке тюремного двора – не столько яркие, сколько неприятно белые. И в этом

они совершенно правы, поскольку количество люменов, производимых светодиодами, примерно вдвое меньше, чем давало предыдущее решение.

По словам руководителей города, светодиоды потребляют на 69% меньше энергии и не требуют столь частой замены. Натриевые лампы приходится заменять примерно раз в пять лет, в то время как используемые светодиоды, как ожидается, будут служить в течение 20 лет. Наиболее важным для города является то, что, согласно оценкам, только на



Натриевые лампы высокого давления (слева) и светодиоды (справа) в уличном освещении Канзас-Сити.

стоимости энергии ежегодная экономия составит \$120,000, и еще более трети от этой суммы можно сберечь за счет сокращения затрат на техническое обслуживание.

Кроме того, в рамках программы стимулирования бизнеса к переходу на энергосберегающее освещение, город рассчитывает получить скидку \$236,735 от Управления коммунального хозяйства Юджина.

Жители Орегона не единственные, кто совершенно не удовлетворен светом светодиодов. В статье Нью-Йорк Таймс «Светодиодное освещение улиц Бруклина экономит

энергию, но раздражает жителей» говорится, что жители района Бруклина, освещаемого светодиодами, сравнивают свои улицы с «...торговыми рядами в космосе», «стройкой или съемочной площадкой массовки», с «...тюремным двором» и с «приземлением инопланетян». В статье упоминается также, что аналогичные чувства испытывают и в таких городах, как Сиэтл, штат Вашингтон, и Дэвис, штат Калифорния.

Впрочем, несмотря на раздражение, уезжать из своих городов в ближайшее время они никуда не собираются.**РЛ**

# Путь компании Kenwood: на рубеже веков



## Часть 1

Юрий Петровавловский

**В** 1997 году компания запустила программу создания высококачественных автомобильных систем звуковоспроизведения Real Focus Sound System для моделей Forester и Legacy второго поколения фирмы Subaru. В этом же году впервые в Японии Kenwood выпустила автомобильный ресивер с возможностью приема цифрового радиовещания DAB. Номенклатура автомобильной звуковой аппаратуры компании в конце 1990-годов насчитывала десятки моделей автомагнитол, ресиверов, усилителей, CD-чейнджеров и различных комбинированных устройств, многие из которых были весьма высокого класса. Коротко рассмотрим особенности некоторых автомобильных ресиверов.

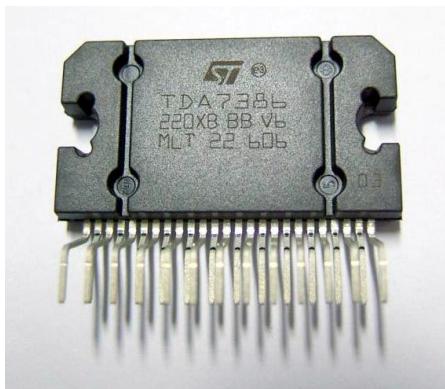


Рисунок 1. Микросхема TDA7386.

В каталоге продуктов автоэлектроники компании 1998/1999 годов фигурирует линейка бюджетных CD-ресиверов Kenwood KDC-

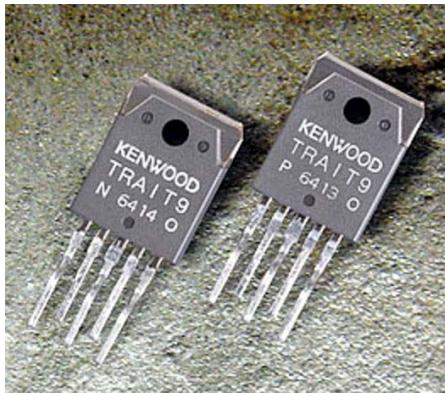
4060RA/5060R/6060R/7060R/8060R/PS9060R, в состав которой входят ДВ/СВ/УКВ ЧМ тюнеры, CD-проигрыватели и интегральные УЗЧ. Флагманская модель линейки KDC-PS9060 с заявленной мощностью 40 Вт на канал содержит четыре УМЗЧ, выполненные на микросхемах TDA7386 фирмы STM (Рисунок 1). Микросхема представляет собой счетверенный мостовой УЗЧ, выходная мощность которого существенно зависит от напряжения питания и при нагрузке 4 Ом и коэффициенте нелинейных искажений (КНИ/THD), равном 10%, варьируется от 13 Вт (при напряжении питания 11 В) до 33 Вт (при напряжении питания 18 В). Приемлемый уровень искажений в 1% при напряжении 14.4 В (при работающем двигателе автомобиля) обеспечивается при уровнях мощности не более 12...15 Вт.

В этом каталоге также фигурирует линейка высококачественных автомобильных интегральных усилителей Kenwood KAC-



Рисунок 2. Интегральный усилитель KAC-PS500F.

PS500F (4 канала 150 Вт), KAC-PS400M (1 1200 Вт), KAC-PS300T (2 200 Вт). KAC-PS200T (2 150 Вт). Четырехканальный усилитель KAC-PS500F (Рисунок 2) можно отнести к «высшему» классу автомобильных УЗЧ, параметры которого уже в меньшей степени зависят от напряжения питания бортовой сети автомобиля. Два двухтактных повышающих импульсных преобразователя на напряжения  $\pm 37$  В обеспечивают питание оконечных каскадов УМЗЧ. В каждом плече преобразователей применены по три параллельно включенных полевых HEXFET IRFZ48N фирмы International Rectifier ( $U_{DS} = 55$  В,  $I_C = 36$  А,  $R_{DS\_ON} = 0.016$  Ом).



*Рисунок 3. Транзисторы TRAIT9N/P.*

В оконечных каскадах УМЗЧ аппарата применены комплементарные пары составных транзисторов TRAIT5N, TRAIT5P, в которые также интегрированы защитные диоды и ограничительные резисторы. Эти и ряд других мощных транзисторов с маркировкой Kenwood были специально разработаны для высококачественных УЗЧ и ресиверов (TRAIT3/5/10N/P). На Рисунке 3 показаны приборы TRAIT9N/P. Усилители KAC-PS500F могут использоваться в 2-, 3- и 4-канальных режимах с нагрузкой 2/4 Ом, при этом уровень искажений 0.05 % в полосе частот 20 Гц...20 кГц обеспечивается при выходной мощности до 75 Вт в каждом из четырех каналов.

К началу 21-века в группу Kenwood входило более пяти десятков различных консолидированных дочерних компаний, неконсолидированных дочерних и аффилированных компаний в Японии (20), США (11), Северной и Южной Америках (5), Европе (8), КНР (4) Сингапуре (3), Малайзии (4), ОАЭ, Таиланде и на Филиппинах (по данным годового отчета 2000 года).

К рубежу веков Kenwood успешно внедрила ряд новых категорий продуктов, в том числе:

- Автомобильные CD/MD и кассетные плееры с «маскирующейся» передней панелью (Mask Car Audio Players). Панели таких аппаратов механически открываются для загрузки кассет и дисков, а после завершения работы переворачиваются глухой стороной для защиты от воровства (аппараты становятся малозаметными). На Рисунке 4 показаны кассетный плеер KRC-777 и CD плеер KDC-7060R с маскирующимися панелями.



*Рисунок 4. Магнитола KRC-777R и CD-ресивер KDC-7060R.*

- Персональные стереосистемы «Rampage» («бумбоксы») с CD/MD и кассетными плеерами (Рисунок 5).



*Рисунок 5. Персональная стереосистема «Rampage».*

- Портативные радиоприемники (Outdoor Radio) для работы в естественных условиях на открытом воздухе, выполненные в защищенных титановых корпусах для горных и водных видов спорта.



**Рисунок 6.** Автомобильное радио с MP3 плеером Z919.

- Автомобильное радио со встроенными MP3 декодерами. На Рисунке 6 показан первый в отрасли CD плеер с MP3 декодером Kenwood Z919.
- Ресиверы и компоненты для приема цифрового радиовещания DAB.
- Оптический микрофон, разработанный в содружестве с израильской фирмой Phone-Or Ltd. Прибор представляет собой миниатюрный цилиндрический капсюль, в торце которого установлена силиконовая мембрана с внутренним отражающим покрытием. На внутреннюю поверхность мембранны через гибкое оптоволокно поступает световой пучок от светодиода блока управления. Отраженный луч по другому оптоволокну поступает на фотодиод. При воздействии звуковых колебаний на мембранны блок управления выделяет модулирующий звуковой сигнал. Главные преимущества микрофона: миниатюрность, невосприимчивость к электромагнитным излучениям и электрическим помехам, фоновым шумам, вибрациям и ветру, водонепроницаемость и ударопрочность, широкий диапазон рабочих температур.

Автомобильная электроника Kenwood высшего класса в начале 21 века выпускалась под торговой маркой Excelon (от слова Excellent – превосходный). В каталоге автомобильной электроники 2000 года представлены ресиверы, ЖК дисплеи, усилители, динамики, навигационные системы и аксессуары. На Рисунке 7 показан внешний вид CD-плеяера с ЖК монитором Kenwood P907 Excelon, сенсорный экран которого с диагональю 5.8 дюйма формата 16:9 обеспечивает высокое качество изображения. Ресивер



**Рисунок 7.** CD-плеер с ЖК монитором P907 Excelon.

оснащен ТВ тюнером; выходная мощность его УМЗЧ равна 4 × 40 Вт. В комплекте предусмотрено ДУ и управление чейнджерами.

В линейке автомобильных интегральных усилителей Kenwood Excelon KAC-X501F/X401M/X301T/X201T применен ряд передовых технологических и конструктивных решений:

- B.M.S. (Bass Management System) – система регулировки воспроизведения басов, позволяющая перестраивать частоту подъема АЧХ усилителей в области низких частот в диапазоне 50...100 Гц ручкой BMS Frequency. Система также позволяет регулировать степень подъема басов от плоской АЧХ до +12 дБ.
- Раздельное питание мощных и предварительных каскадов усилителей.
- LAPT (Linear Amplification Power Transistor) – мощные транзисторы с малыми искажениями на всех уровнях сигналов.
- Более эффективные (на 40%) УМЗЧ.
- Диоды с быстрым восстановлением обратного сопротивления в источнике питания, обеспечивающие меньшее падение напряжения на выпрямителях при пиковых уровнях громкости.
- Фильтры инфразвуковых частот и режекторные фильтры, перестраиваемые в диапазоне 40...200 Гц, для устранения призвуков и дребезжания акустики.
- Sigma Drive/Sigma Servo – система демпфирования динамиков, использующая два дополнительных провода для подачи

сигнала обратной связи от громкоговорителей. Коэффициент демпфирования при использовании системы увеличивается от 100 (без системы) до 9000.

- Электролитические конденсаторы аудио-фильтрового качества.
- Медная экранирующая полоса на импульсном трансформаторе для резкого снижения радиопомех.

В начале 2000-годов компания отказалась от производства сотовых телефонов, приводов CD-ROM, а также провела ряд структурных реформ и анонсировала среднесрочный план развития. «Дочка» компании – Kenwood TMI Corporation – до 2002 года специализировалась на разработке и производстве измерительной аппаратуры. Деятельность этого подразделения Kenwood под названием Kasuga Musen началась в 1954 году с производства первого генератора ВЧ сигналов SG-1. В 1965 году подразделение разработало первый осциллограф Trio CO-130. В 1973 году выпущены источники питания Trio PR-601/602, а в 1988 году раз-



**Рисунок 8.** Запоминающий цифровой осциллограф CS-8010.

работал цифровой запоминающий осциллограф Kenwood CS-8010 (Рисунок 8).

В 2002 году 100% акций Kenwood TMI, основанной в 1996 году, выкупила группа Nikkei, а в 2006 году компания была переименована в Texio Co., Ltd. В настоящее время Texio продолжает выпускать ту же номенклатуру измерительной техники (источники питания, электронные нагрузки, осциллографы, тестовое оборудование для аудио и видеоаппаратуры). **РЛ**

## Окончание в следующем номере

# Подземные накопители солнечного тепла сделают энергетику полностью «зеленой» – уверен ученый из Стэнфордского университета

Dan Stober

Stanford Report

Основным препятствием на пути полного перехода к гидро-, ветро- и солнечной энергетике является невозможность достижения стабильной работы современных электрических сетей из-за отсутствия доступных по цене средств накопления энергии. Исследователь Стэнфордского университета Марк З. Джэйкобсон предлагает «подземное» решение этой проблемы.

За последние несколько лет Марк Джэйкобсон (Mark Jacobson), профессор гражданского и экологического инжиниринга Стэнфордского университета, и его коллега Марк Делуччи (Mark Delucchi) из Калифорнийского университета в Беркли разработали ряд проектов, основанных на огромных объемах данных, обработанных с помощью компьютерных моделей, и показали, как каждый из штатов в Америке может отказаться от ископаемого топлива и полностью перейти на возобновляемые источники энергии.

В новом исследовании, недавно опубликованном в Трудах Национальной академии наук, на примере количества гидро-, ветро- и солнечных генераторов, потенциально необходимых для каждого штата, показано, что теоретически этих ресурсов будет достаточно для формирования надежной, доступной национальной электрической сети, если объединить генераторы с недорогими накопителями энергии и на государственном уровне поддержать программу стимулирования потребителей к выбору времени пикового потребления.



Новейшие исследования показывают, что при наличии недорогих накопителей энергии гидро-, ветро- и солнечные генераторы теоретически можно объединить в надежные национальные электрические сети.

## Подземный аккумулятор

Предлагаемая система основывается на возможности сохранения и извлечения тепла, холода или электроэнергии в целях удовлетворения спроса на них в периоды максимального потребления.

Летом тепло, собираемое стоящими на крышах солнечными коллекторами, может храниться в грунте или скалах, а зимой использоваться для отопления домов. Избыточная или дешевая электроэнергия может использоваться для производства льда, который позже будет использоваться для охлаждения в те периоды, когда стоимость электроэнергии высока.

Кроме того, для получения дополнительной энергии избыток электричества может быть использован для поддержки генерирующих механизмов, например, для перекачки воды в гидроаккумулирующих сооружениях или управления концентраторами солнечных электростанций. Коммунальные службы также обеспечивали бы стимулирование сокращение потребления энергии в периоды пиковых нагрузок.

Помимо этого, в плане Джейкобсона в качестве среды хранения энергии предполагается использование водорода. Излишки электричества в периоды легких нагрузок могли бы использоваться для получения водорода, который, накапливаясь в топливных элементах, затем использовался бы в транспортных средствах.

Возможность реализации новой модели Джейкобсона ставится в зависимость от полной электрификации инфраструктуры страны, в которой практически все работает на электричестве – автомобили, поезда, автобусы, промышленность, отопление и кондиционирование, – причем на электричестве, полученном от солнца, ветра и воды.

«Отпала бы всякая необходимость в угле, природном газе, биотопливе, ядерной энергии или гигантских аккумуляторных накопителях для хранения электричества. Такие стабильные энергосети могут быть созданы к 2050 году, и мы получим стопроцентно чистый мир», – считает Джейкобсон.

Предыдущие исследования Джейкобсона привлекали широкое внимание, но критики его работ утверждали, что надежность национальных электрических сетей не может быть обеспечена без тепловых электростанций, способных заполнить провалы в поставках электроэнергии. Ветер не всегда дует, и солнце не всегда светит, а аккумуляторы еще не настолько доступны, чтобы служить средством хранения и перераспределения энергии в национальных масштабах.



Профессор Марк Джейкобсон

«Коммунальные и другие компании, выступающие против возобновляемых источников энергии, всегда утверждали, что как только зайдет солнце, энергии станет слишком мало, и что обеспечивать стабильное электроснабжение от чистых возобновляемых источников будет слишком дорого, – сказал Джейкобсон. – Скептики никогда не анализировали возможность создания энергосистемы, на 100% основанной на чистой возобновляемой энергии и покрывающей все потребности страны, а особенно такой, в которой сочетались бы дешевые аккумулирующие системы, способные при необходимости возвращать электричество в сеть, с определенным количеством водородных накопителей».

Джейкобсон, работающий также научным сотрудником в Стенфордском Институте окружающей среды, в ноябре прошлого года проинформировал о своем исследовании комиссию конгресса США.

## Перестройка энергосетей

В новом исследовании Джейкобсон со своими соавторами, в число которых входят Бетани Фрю (Bethany Frew) из Национальной лаборатории возобновляемой энергии и аспирантка Мэри Кэмерон (Mary Cameron) высказывают убеждение, что объединение существующих недорогих способов хранения «зеленой» энергии и использование ее для сглаживания неравномерности спроса одновременно на электричество, тепло и холод в течение минуты, дня, недели или года, может решить проблему перехода к чистой энергетике.

«Сырье для системы станут ветер, вода и солнце, – не природный газ, не биотопливо,

не уголь и не ядерная энергия. Это приведет к резкому снижению загрязнения воздуха и позволит ежегодно спасать десятки тысяч жизней», – говорят исследователи. Ежегодно в результате загрязнения воздуха в Соединенных Штатах преждевременно умирают от 60,000 до 65,000 человек.

Как на пример практического воплощения некоторых из этих технологий, Джейкобсон указывает на расположенную недалеко от канадского города Калгари общину Drake Landing Solar. Там 52 дома отапливаются зимой за счет солнечной энергии, полученной в течение лета и сохраненной под землей. Вода, нагретая солнцем до 80 °С, хранится в теплоизолированных трубах под 35-метровым слоем скальных пород, земли и изоляции. «Накопленного тепла достаточно для обогрева домов общины в течение зимы», – сказал Джейкобсон.

Полная электрификация страны могла бы дать целый ряд преимуществ. При том, что стоимость киловатт-часа электроэнергии в системе Джейкобсона может быть примерно такой же, как и у получаемой из ископаемого топлива, реальные затраты пользователей снизились бы примерно на 30 процентов за счет того, что потребности новой системы в киловатт-часах были бы меньше благодаря более высокому КПД электродвигателей по сравнению с двигателями внутреннего сгорания», – продолжал Джейкобсон.

«Хранить энергию под землей дешевле, чем в аккумуляторах», – добавил он. Сейчас некоторые ветряные турбины останавливают, когда текущий спрос на их электричество отсу-

тствует, поскольку затраты на его хранение слишком высоки. Одновременное использование для производства тепла избыточной энергии и солнечных коллекторов сделает запасенную энергию более доступной.

«Широкое использование подземных и других накопителей энергии будет стоить гораздо меньше, чем аккумуляторы, – считает Джейкобсон. – В настоящее время один киловатт-час электроэнергии, запасенной в аккумуляторах, стоит \$350. Для сравнения, стоимость хранения тепла под землей на два порядка ниже». Точно так же, хранение концентрированной солнечной энергии, энергии гидроаккумулирующих систем и существующих водохранилищ ГЭС обходится в десять раз дешевле, чем хранение в аккумуляторах.

«Вы перестаете загрязнять атмосферу, забываете о глобальном потеплении, стабилизируете цены на топливо, создаете в США рабочих мест на два миллиона больше, чем их потеряно, уменьшаете зависимость от международной торговли энергоносителями, снижаете риски нарушения электроснабжения вследствие таких причин, как терроризм или крупные аварии, поскольку энергия равномерно распределена на больших площадях, – сказал Джейкобсон. – Энергетика станет преимущественно местной. Вы сможете уменьшить вредные выбросы уже просто потому, что вам не нужно будет транспортировать нефть танкерами через океан и использовать грузовые составы для доставки угля».

«Эта методика поддержания стабильности энергосистем, – заключил он, – должна заработать во многих местах всего мира». **РЛ**

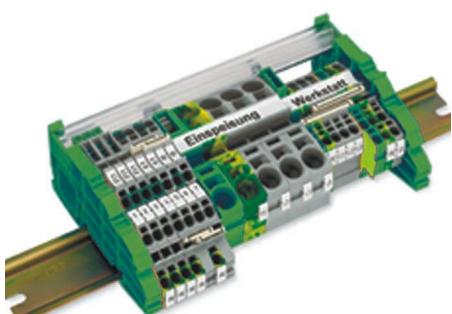
# настоящее немецкое качество



контрольно-измерительное оборудование



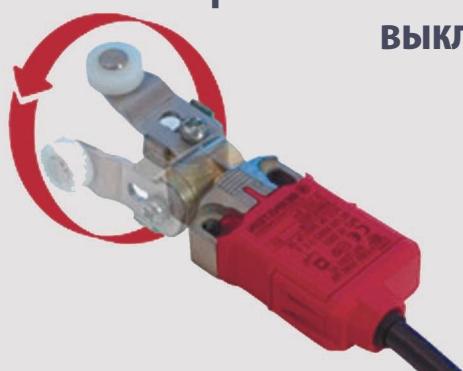
инструмент для разделки кабеля и снятия изоляции



клеммы на DIN рейку и для печатных плат



промышленные корпуса выключатели датчики



## ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ



МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

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



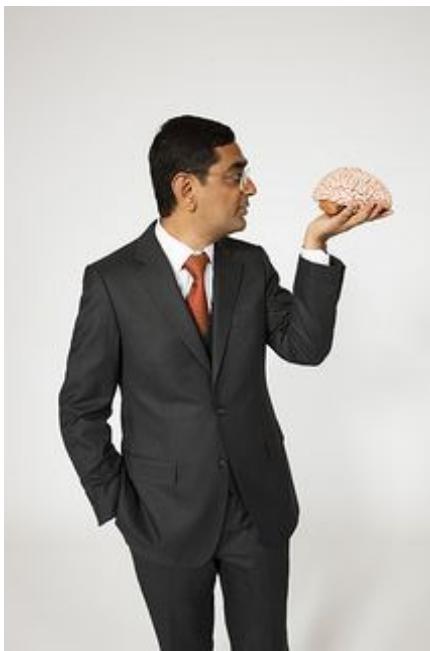
# Компьютер, работающий подобно мозгу

Dharmendra S. Modha

IBM

Нейроны микропроцессора TrueNorth революционизируют системную архитектуру

Шесть лет назад компания IBM и наши университетские партнеры поставили перед собой задачу – создать машину, подобную мозгу, – что в то время казалось невозможным. Сегодня в статье, опубликованной в журнале *Science*, мы представляем процессор с одним миллионом нейронов, разработанный в рамках программы DARPA SyNAPSE. Микросхема потребляет всего 70 мВт и способна выполнять 46 миллиардов синаптических операций в секунду на ватт – по сути, это синаптический суперкомпьютер, умещающийся на ладони.



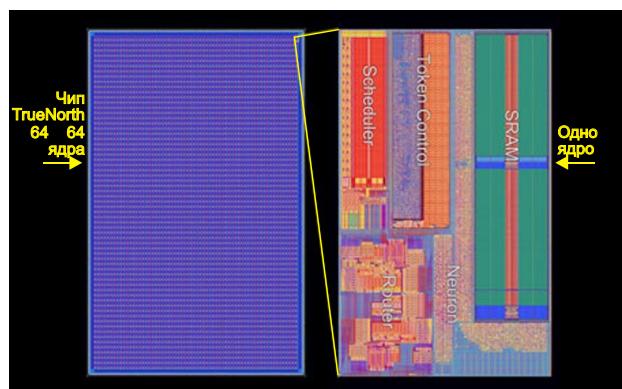
Дхармендра Модха (Dharmendra Modha),  
сотрудник IBM.

Последовательно шагая по пути исследований от нейробиологии к высокопроизводительным вычислениям, к новой компьютерной архитектуре, к новому языку программирования, алгоритмам, приложениям, мы пришли теперь к новой микросхеме – TrueNorth.

Позвольте мне воспользоваться возможностью, чтобы пригласить вас в путешествие по этой неожиданной тропе.

## Ретроспектива

Путь развития компьютеров можно отследить, по крайней мере, от 1642 года, когда Блеза Паскаль собрал свой механический калькулятор. Современная эра компьютерной техники началась с появления вычислительной машины ENIAC 15 февраля 1946 года [1]. Изобретение транзистора в 1948 году привело к разработке первой интегральной схемы в 1958 году, что, в свою очередь, позволило в 1971 году создать первый мик-



Массив ядер микропроцессора TrueNorth.

ропроцессор. С тех пор тактовая частота микропроцессоров увеличилась в 1000 раз. Примечательно, что эта эволюция шла в направлении, диаметрально противоположном вычислительной парадигме мозга. В итоге современные микропроцессоры в восемь раз быстрее (в плане тактовой частоты) и в четыре раза теплее (с точки зрения мощности, выделяемой на единицу площади коры), чем человеческий мозг.

С учетом общего энергопотребления различие между мозгом и современными компьютерами становится еще более значительным. Отметим, что симуляция объекта масштаба человеческого мозга с сотней триллионов синапсов (и относительно простыми моделями нейронов и синапсов) требует 96 стоек Blue Gene/Q суперкомпьютера Sequoia Ливерморской национальной лаборатории, при этом скорость симуляции будет в 1500 раз медленнее работы мозга в режиме реального времени. Гипотетическому компьютеру для выполнения такого моделирования в режиме реального времени потребуется 12 ГВт, в то время как человеческий мозг потребляет лишь 20 Вт.

Чем объясняется такое несоответствие?

Здесь присутствуют два фактора: технология и архитектура. В отличие от сегодняшней неорганической кремниевой технологии мозг использует биофизические, биохимические и органические ресурсы. В то время как будущее связывают с нанотехнологиями, мы сосредоточились на втором факторе – архитектурных инновациях, в частности, на минимизации энергопотребления продукта, его площади и системных задержек, что может быть реализовано с помощью современных технологий.

## Перспектива

Есть предположение, что кора головного мозга образована повторяющимися каноническими микроцепями. Вдохновленные этой

гипотезой, в 2011 году мы продемонстрировали событийно-управляемое нейросинаптическое ядро, моделирующее мозг червя, в котором объединили вычислительное и запоминающее устройство. Теперь же мы уменьшили площадь нейросинаптического ядра в 15 раз, а энергопотребление сократили в 100 раз и, объединив 4096 ядер в сеть на кристалле, получили TrueNorth – микросхему с одним миллионом нейронов и 256 миллионами синапсов. Стоит отметить, что мы намеревались создать микросхему только с 1024 ядрами, но в ноябре 2011 года, как команда, мы приняли дерзкое решение увеличить количество ядер в 4 раза, то есть до 4096. Изготовленный по технологии компании Samsung с проектными нормами 28 нм, процессор TrueNorth с 5.4 млрд. транзисторов на сегодня является самой сложной микросхемой, когда-либо созданной IBM. При моделировании сложных рекуррентных нейронных сетей TrueNorth потребляет менее 100 мВт и имеет плотность мощности 20 мВт/см<sup>2</sup>.

В отличие от доминирующей фон-неймановской архитектуры, TrueNorth, подобно мозгу, имеет параллельную, распределенную, модульную, масштабируемую, откаzoустойчивую, гибкую архитектуру, объединившую средства вычислений, связи и хранения информации, и не имеющей механизма синхронизации. Справедливости ради надо сказать, что создание TrueNorth привело к полной переоценке возможностей имитирующих мозг компьютеров с точки зрения размеров, архитектуры, эффективности, масштабируемости и методов проектирования микросхем.

Нельзя сказать, что проектирование и тестирование TrueNorth было простой задачей. Беспрецедентные размеры микросхемы, нетрадиционная архитектура, новая гибридная методология синхронно-асинхронных цепей и новый незнакомый технологический процесс требовали специальных подходов



Инфографика «Интеллектуальная мощь».

при разработке, верификации и методах тестирования, основанных на новаторстве, командной работе и управлении проектом на самом высоком уровне. Важнейшим элементом была функциональная эквивалентность «один-к-одному» между TrueNorth и нашим программным симулятором Compass. Эта эквивалентность позволила нам приступить к разработке приложений задолго до того, как микросхемы пришли с фабрики, а также позволила проверить правильность работы логики процессора.

Исчерпав все доступные средства и инструменты проверки микросхемы до ее производства, чтобы убедиться, что ни один камень не остался не перевернутым, я даже предложил бутылку шампанского за \$1000 тому, кто найдет хоть одну ошибку. Не было найдено ни одной. Не была найдено и год спустя после того, как процессор прошел все тесты, после чего мы были уже точно уверены, что фатальные ошибки отсутствуют. Мое шампанское было спасено!



Команда IBM SyNAPSE.

Проект просто не смог бы состояться без новаторского духа и огромной преданности ядра нашей команды, предоставившей важнейшие инструменты проектирования асинхронных схем, которые мы совместно совершенствовали в ходе работы над проектом. Ключевое значение имело сотрудничество с Samsung, благодаря которому мы получили доступ к их передовому производственному процессу 28 нм, позволившему выдержать ограничения по активной мощности, заложенные в архитектуру TrueNorth. Я безмерно благодарен более чем двумстам нашим сотрудникам, с 2008 года работающим в лабораториях и на фабриках IBM, в пяти университетах, одном стартапе и двух лабораториях Министерства энергетики. И, наконец, очень важной была поддержка, в том числе материальная, оказанная нам со стороны DARPA.

## Дальнейшие шаги

Давайте проясним: мы не создали мозг, или некое его подобие. Мы создали компьютер, идею которого нам подсказало строение мозга. Входы и выходы этого компьютера представляют собой спайки (кратковременные колебания потенциала). Функционально он преобразует пространственно-временной поток входных спайков в пространственно-временной поток выходных спайков.

Если бы было возможно визуализировать активность одного миллиона нейронов в TrueNorth, мы увидели бы что-то похожее на ночной городской пейзаж с мерцающими огнями. С учетом этой нетрадиционной вычислительной парадигмы, компиляция кода C++ в TrueNorth напоминала использование молотка для закручивания винта. В результате, чтобы получить возможность полноценного использования TrueNorth, мы разработали целую экосистему в комплекте с новым симулятором, новым языком программирования, интегрированной средой программирования, новыми библиотеками, новыми (и старыми) алгоритмами, а также с приложениями и новым учебным планом (любовно названным «SyNAPSE University»). Назначение экосистемы – значительно увеличить производительность труда программиста. Образно, если TrueNorth – это ENIAC, то наша экосистема соответствует языку FORTRAN.

Мы работаем в лихорадочном темпе, чтобы сделать экосистему максимально доступной для сотрудников IBM, университетов, деловых партнеров, стартапов и клиентов. В сотрудничестве с международным научным сообществом, за счет использования экосистемы, мы предвидим возможность эффективным образом сопоставлять существующее тело алгоритмов нейронных сетей с архитектурой, а также быть в состоянии представлять себе и придумывать совершенно новые алгоритмы.

В целях поддержки этих алгоритмов при постоянно разрастающихся масштабах оборудования микросхемы TrueNorth могут быть легко соединены друг с другом для создания огромных масштабируемых нейроморфных систем. В сущности, мы уже построили системы с 16 миллионами нейронов и 4 миллиардами синапсов. Теперь мы поставили перед собой амбициозную цель – интегрировать 4096 микросхем с 4 миллиардами ней-

ронов и 1 триллионом синапсов в одну стойку, которая будет потреблять примерно 4 кВт.



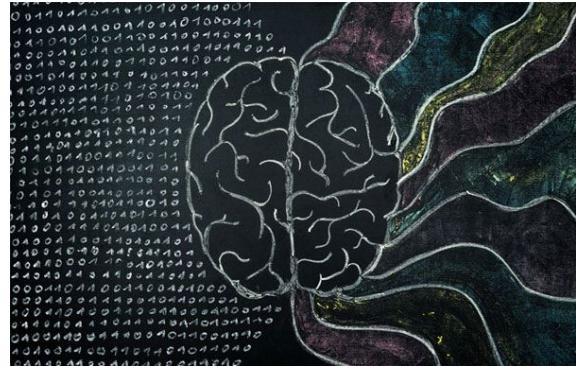
Синаптическая плата с 16 микросхемами.

Такая архитектура, способная решать широкий класс проблем, связанных с задачами машинного зрения, слуха и многосенсорного восприятия, имеет потенциал коренного преобразования компьютерной индустрии благодаря интеграции возможностей, подобных возможностям мозга, в устройства, где вычисления ограничивается мощностью и скоростью. Эти системы могут эффективно обрабатывать в реальном времени многомерные, зашумленные данные с датчиков, потребляя при этом энергии на несколько порядков меньше, чем обычные компьютерные архитектуры.

С одной стороны, TrueNorth будет применяться в портативных устройствах: смартфонах, сенсорных сетях, беспилотных автомобилях, роботах, системах общественной безопасности, приборах медицинской визуализации, устройствах анализа видео в режиме реального времени, в обработке сигналов, в приборах обнаружения запахов и в цифровой патологии. С другой стороны – в синаптических суперкомпьютерах для облачной обработки мультимедийных данных. Кроме того, наш чип может использоваться в сочетании с другими когнитивными компьютерными технологиями для создания систем, способных обучаться, рассуждать и помогать человеку принимать более обоснованные решения. Мы надеемся, что со временем SyNAPSE станет неотъемлемой составной частью проекта Watson компании IBM.

Мы работаем совместно с iniLabs, создателем ретинальной камеры DVS, напрямую формирующими спайки, являющиеся естественными входами для TrueNorth. Интегрировав эти два устройства, мы начали изучение сквозной системы машинного зрения с крайне малым энергопотреблением.

Если о сегодняшних фон неймановских компьютерах мы думаем как о «левом полушарии мозга» – быстрых, оперирующих символами и цифрами калькуляторах, тогда TrueNorth можно уподобить «правому полушарию» – медленным, сенсорным, распознавающим образы машинам.



Левое полушарие мозга / правое полушарие мозга.

Мы планируем дополнить наши нейросинаптические ядра синаптической пластичностью, чтобы создать новое поколение нейросинаптических компьютеров, адаптирующихся к условиям эксплуатации и способных к онлайн-обучению.

Я не был там, где представляли ENIAC, но у меня есть четкое ощущение, что мы находимся в подобной поворотной точке истории вычислительной техники. Технологические и практические возможности огромны и могут затронуть каждую область науки, техники, бизнеса, правительства и общества. Я настроен оптимистично в отношении того, что непреходящая ценность нашей работы позволит совершенно по-новому взглянуть на сущность компьютерных вычислений. Это, я считаю, породит мощный дух творчества в университетах, стартапах, технологических компаниях и профессиональных сообществах бесчисленных областей знаний.

Но мы еще не там. В самом деле, ведь TrueNorth – это направление движения, а не пункт назначения! Конечной целью является создание интеллектуальных машин, которые позволят планете познавать и трансформировать все отрасли промышленности. Захватывающе! **РЛ**

## Ссылки

1. «ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. 15 февраля 1946 года вышло официальное сообщение о создании ENIAC». РадиоЛоцман, 2016, февраль, стр. 58.

# Ограничитель тока нагрузки с низким падением напряжения

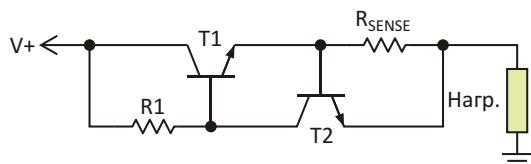
Sajjad Hajdar

Electronic Design

У большинства распространенных ограничителей тока падение напряжения слишком велико для современных низковольтных систем. В статье предлагается схема с очень незначительным падением напряжения, в большей степени отвечающая сегодняшним требованиям.

Очень часто возникает необходимость ограничения тока источника питания, для чего, как правило, используются устройства, состоящие из датчика тока, схемы управления и проходного транзистора. Датчиком тока может служить простой низкоомный резистор. Поскольку падающее на нем напряжение пропорционально току нагрузки, это напряжение можно использовать для управления током, идущим через проходной транзистор.

Пример подобной схемы ограничителя с низкоомным резистором  $R_{SENSE}$  в качестве датчика тока показан на Рисунке 1 [1]. До тех пор, пока падение напряжения на резисторе меньше примерно 0.6 В, открыт только транзистор T1. Как только ток нагрузки достигает значения, при котором напряжение на  $R_{SENSE}$  превышает 0.6 В, открывается транзистор T2. Ток базы T1, управляемый транзистором T2, уменьшается и, как следствие, ток эмиттера T1 падает.

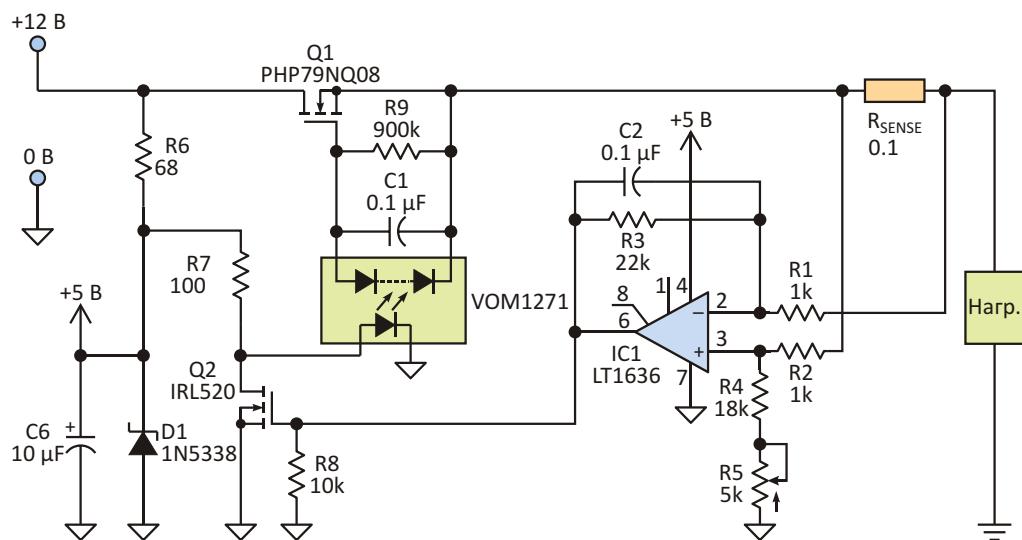


**Рисунок 1.** Простой, повсеместно используемый ограничитель тока состоит из токоизмерительного резистора (как правило, низкоомного), схемы управления и проходного транзистора.

Однако эта простая схема имеет серьезный недостаток, обусловленный падением напряжения на элементах устройства. В активном режиме ограничителя напряжение насыщения транзистора T1 составляет около 1 В, а на резисторе  $R_{SENSE}$  падает примерно 0.6 В. Суммарное падение напряжения равно приблизительно 1.6 В. Поэтому, если ограничитель подключен к источнику питания +5 В, нагрузке достанется лишь порядка 3.4 В, что в низковольтных схемах абсолютно неприемлемо.

Альтернативная схема основана на регуляторе напряжения LM317, используемом в режиме ограничения тока. Однако и в этом случае на схеме падает порядка 2 В. Еще в одной схеме, описанной в [2], в качестве проходного устройства используется Р-канальный MOSFET, затвор которого управляет усиленным падением напряжения на  $R_{SENSE}$ . На этой схеме падает всего 0.6 В.

Ограничитель тока, схема которого показана на Рисунке 2, отличается очень низким падением напряжения и не мешает работе низковольтных схем. Схема рассчитана на минимальное входное напряжение 5 В, а максимальное значение зависит от выбора нескольких компонентов. Падение напряжения на токоизмерительном резисторе 0.1 Ом дифференциально усиливается микросхемой IC1. Напряжение питания +5 В подается на микросхему с регулятором на стабилитроне D1.



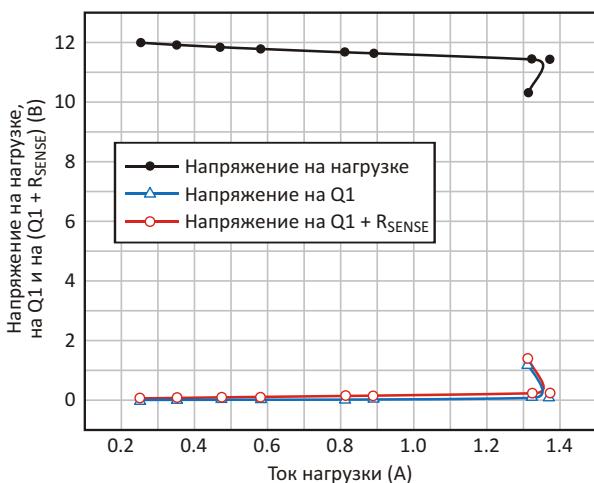
**Рисунок 2.** Преимуществом этой более сложной схемы ограничителя тока перед предыдущей является намного более низкое падение напряжения, что очень важно при работе с низковольтными источниками питания.

Для возможности изменения порога ограничения тока коэффициент усиления микросхемы регулируется подстроечным резистором R5. Выход микросхемы IC1 управляет сопротивлением сток-исток низкопорогового MOSFET Q2, а ток стока Q2 управляет током светодиода оптоизолированного драйвера MOSFET VOM1271.

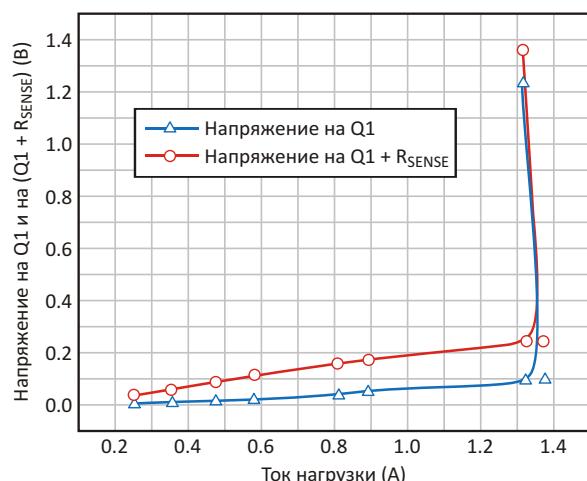
При небольшом токе нагрузки падение напряжения на  $R_{SENSE}$  мало, и выходное напряжение IC1 остается более низким, чем порог включения транзистора Q2. В результате через светодиод драйвера MOSFET проте-

кает ток, создающий на его выходе напряжение около 8 В – достаточно высокое для того, чтобы полностью открыть транзистор Q1. Когда ток нагрузки достигает значения, при котором открывается транзистор Q2, напряжение затвор-исток транзистора Q1 падает, и ток нагрузки уменьшается.

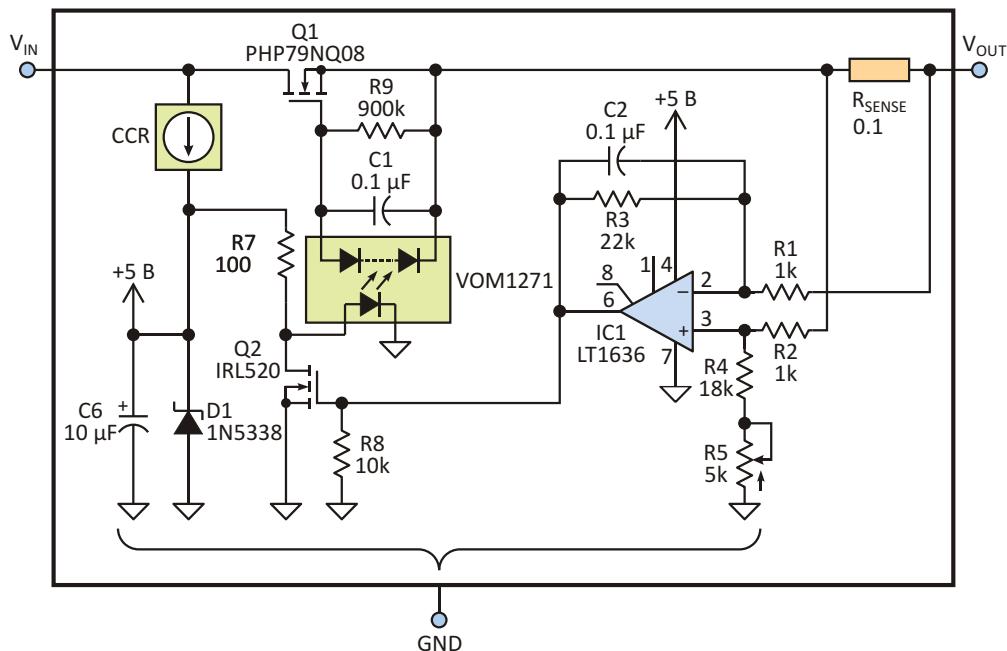
Схема испытывалась с источником питания +12 В и мощным 100-омным переменным резистором в качестве нагрузки. С помощью подстроечного резистора R5 порог ограничения тока был установлен на уровне чуть



**Рисунок 3.** Изменения падения напряжений на нагрузке, на транзисторе Q1 и на Q1+R<sub>SENSE</sub> в зависимости от тока нагрузки имеют относительно плоский характер.



**Рисунок 4.** Увеличенный по вертикали масштаб напряжений на транзисторе Q1 и на Q1+R<sub>SENSE</sub> позволяет более отчетливо увидеть действие прогрессирующего ограничения тока, происходящего, когда ток нагрузки превышает установленный порог.



**Рисунок 5.** Несмотря на внутреннюю сложность, полную схему ограничителя можно рассматривать как трехвыводное устройство.

выше 1 А. В процессе плавного уменьшения сопротивления нагрузки от максимального значения измерялись напряжения на Q1, R<sub>SENSE</sub> и нагрузке (Рисунок 3). Для токов нагрузки от 0.25 А до 1.3 А падения напряжений на транзисторе Q1 и на Q1+R<sub>SENSE</sub> составляли 0.09 В и 0.235 В, соответственно.

При максимальном токе нагрузки 1.3 А на резисторе R<sub>SENSE</sub> падает 0.145 В, что вносит существенный вклад в общее падение напряжения. Чтобы снизить падение напряжения еще больше, нужно уменьшить сопротивление резистора R<sub>SENSE</sub>. Увеличенный по вертикали масштаб позволяет увидеть характер зависимости падения напряжения на транзисторе Q1 и на Q1+R<sub>SENSE</sub> от тока нагрузки (Рисунок 4). Когда ток нагрузки превышает установленный порог, схема переключается в режим прогрессирующего ограничения тока.

Этот ограничитель тока предназначен для использования в низковольтных приложени-

ях начиная с +5 В. Для расширения диапазона входных напряжений резистор R6, ограничивающий ток через стабилитрон, можно заменить стабилизатором постоянного тока и выбрать транзистор Q1 с большими значениями допустимого напряжения и тока. Полностью собранный ограничитель можно поместить в корпус и использовать его как трехвыводное устройство (Рисунок 5). **РЛ**

## Ссылки

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Current\\_limiting](https://en.wikipedia.org/wiki/Current_limiting)
2. <http://www.electro-tech-online.com/articles/adjustable-low-drop-current-limiter.660>

## Материалы по теме

1. [Datasheet Microsemi 1N5338](#)
2. [Datasheet Vishay IRL520](#)
3. [Datasheet Fairchild LM317](#)
4. [Datasheet Linear Technology LT1636](#)
5. [Datasheet NXP PHP79NQ08](#)
6. [Datasheet Vishay VOM1271](#)

# Дистанционное управление бытовыми приборами с помощью звуковой карты компьютера

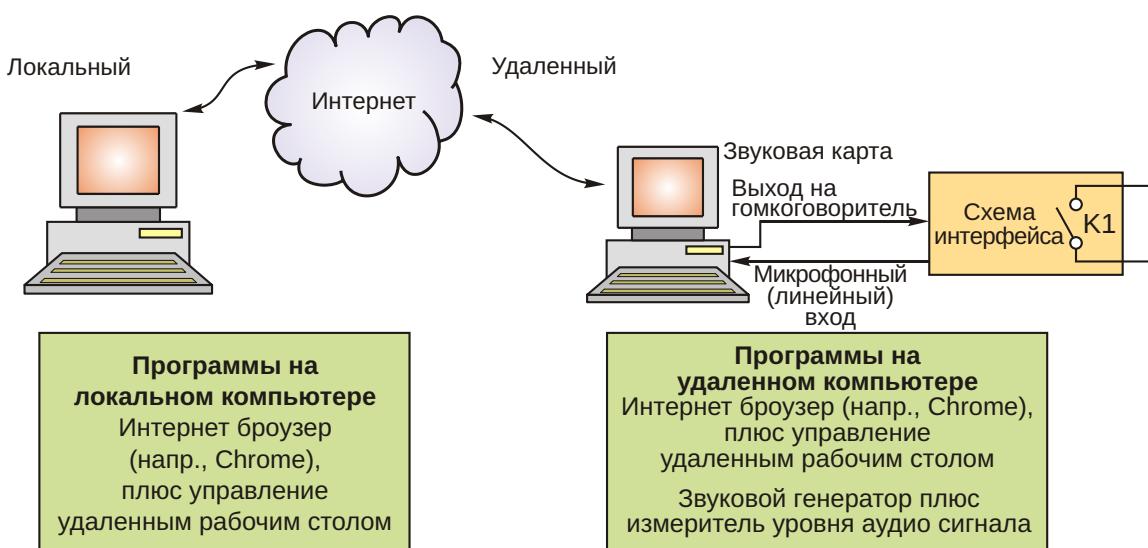
José M. Miguel

Electronic Design

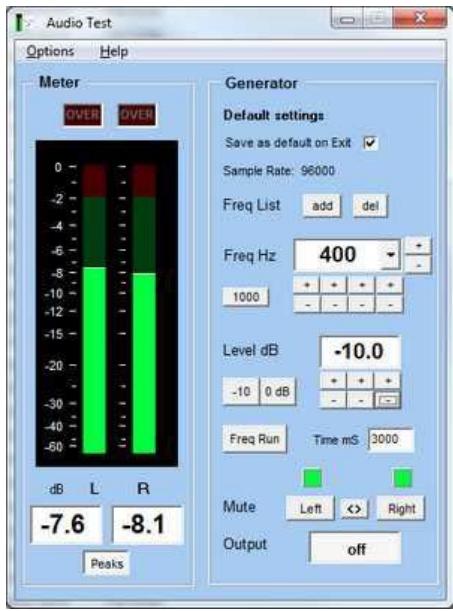
Используя стандартную звуковую карту ПК и простую схему, вы можете создать недорогое устройство для дистанционного включения и выключения бытовых приборов через Интернет. Изображенная на Рисунке 1 система состоит из локального (то есть, вашего) и удаленного компьютера, подключенного к простой и недорогой интерфейсной схеме с релейным выходом. На локальном компьютере должны быть установлены браузер и приложение, обеспечивающие доступ к удаленному компьютеру через Интернет, как если бы вы сидели прямо перед ним. Если в

качестве броузера у вас установлен Google Chrome, вы можете добавить к нему Chrome Remote Desktop. Если для доступа в Интернет вы используете другой браузер, удаленный доступ можно организовать с помощью бесплатного приложения TeamViewer [1]. Кроме того, схема дает возможность проверить с локального компьютера правильность исполнения команды.

В дополнение к браузеру и доступу к удаленному рабочему столу, на удаленном компьютере должно быть установлено приложение, позволяющее с помощью звуковой



**Рисунок 1.** Конфигурация системы показывает, каким образом осуществляется дистанционное управление через Интернет с использованием стандартной звуковой карты компьютера.

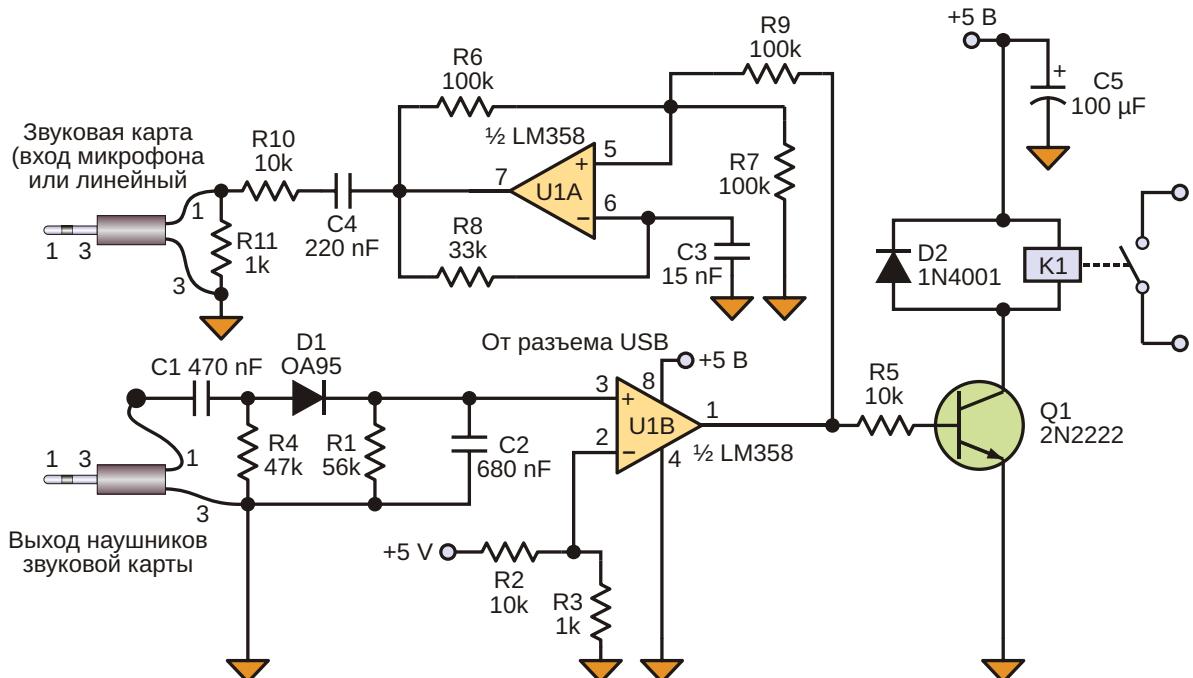


**Рисунок 2.** Измеритель уровня сигнала с цифровой индикацией в сочетании с генератором звуковых сигналов является одним из ключевых элементов системы.

карты генерировать аудио сигналы. Доступно огромное количество таких генераторов синусоидальных сигналов; хорошим выбором будет программа Audio Test [2], предлагаемая компанией Darkwood Designs. В это бесплатное приложение включен также измеритель уровня входного напряжения на микрофонном (линейном) входе звуковой карты компьютера (Рисунок 2).

При доступе к рабочему столу удаленного компьютера и включении звукового генератора на выходе громкоговорителя появится синусоидальное напряжение с амплитудой 2 В и частотой 1000 Гц (при уровне воспроизведения, установленном в максимальное значение). Этот сигнал поступает на вход интерфейсной схемы (Рисунок 3), в которой выпрямляется германиевым диодом D1, фильтруется цепочкой R1, C2 и подается на неинвертирующий вход компаратора, сделанного на половине операционного усилителя U1.

Инвертирующий вход подключен к напряжению 0.5 В, сформированному делителем R2, R3. В результате, при дистанционном включении звукового генератора на выходе компаратора появляется напряжение высокого уровня, которое активирует реле K1 через транзистор Q1. Реле включает и выключает бытовые электроприборы, поэтому вы должны убедиться в том, что его контакты способны выдержать соответствующие пиковые и среднеквадратичные значения напряжений и токов. Кроме того, максимальный ток, который может коммутировать транзистор Q1 (2N2222), равен 800 мА, что также необходимо учитывать при выборе параметров катушки реле. Диод D2 ограничивает индуктивные выбросы на катушке реле, возникающие при его выключении.



**Рисунок 3.** В интерфейсной схеме использованы распространенные стандартные компоненты.

Высокий уровень сигнала на выходе компаратора разрешает работу автоколебательного генератора звуковой частоты, собранного на второй половине микросхемы U1. Частота этого генератора определяется номиналами элементов R8 и C3 и при указанных на схеме значениях составляет примерно 1300 Гц. Формируемые им прямоугольные импульсы ослабляются делителем R10, R11 и поступают на вход линии/микрофона звуковой карты. Измеритель уровня программы Audio Test отображает величину этого сигнала длинным столбиком зеленого цвета (Рисунок 2).

5-вольтовое питание для схемы можно взять с компьютерного разъема USB. Обра-

тите внимание, что в системе задействован лишь один из двух каналов звуковой карты компьютера. Это значит, что, продублировав интерфейсную схему, вы сможете управлять еще одним устройством. **РЛ**

## Ссылки

1. <http://www.teamviewer.com/>
2. <http://www.darkwooddesigns.co.uk/pc2/testgen.html>

## Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM358](#)
2. [Datasheet New Jersey Semiconductor OA95](#)

# Преобразователь напряжения 1 – 5 В в сигнал токовой петли 4-20 мА

Thomas Mosteller, Linear Technology

EDN

Несмотря на давно предрекаемую смерть токовой петли 4-20 мА, этот аналоговый интерфейс по-прежнему остается наиболее распространенным способом подключения источников тока к измерительным схемам. Интерфейс требует преобразования сигнала напряжения, в типичном случае от 1 В до 5 В, в токовый выходной сигнал 4-20 мА. Строгие требования к точности диктуют необходимость использования либо дорогостоящих прецизионных резисторов, либо подстроечных потенциометров для компенсации начальной ошибки менее точных устройств.

Ни один из методов не оптимален с точки зрения современных технологий поверхностного монтажа и автоматизированного контроля. Достать прецизионные резисторы в исполнении SMD непросто, а подстроочные потенциометры требуют участия человека – условия, несовместимого с массовым производством.

Выпускаемая Linear Technology матрица LT5400, содержащая четыре точно согласованных резистора, дает возможность решить эти проблемы с помощью простой схемы, без каких-либо подстроек обеспечивающей

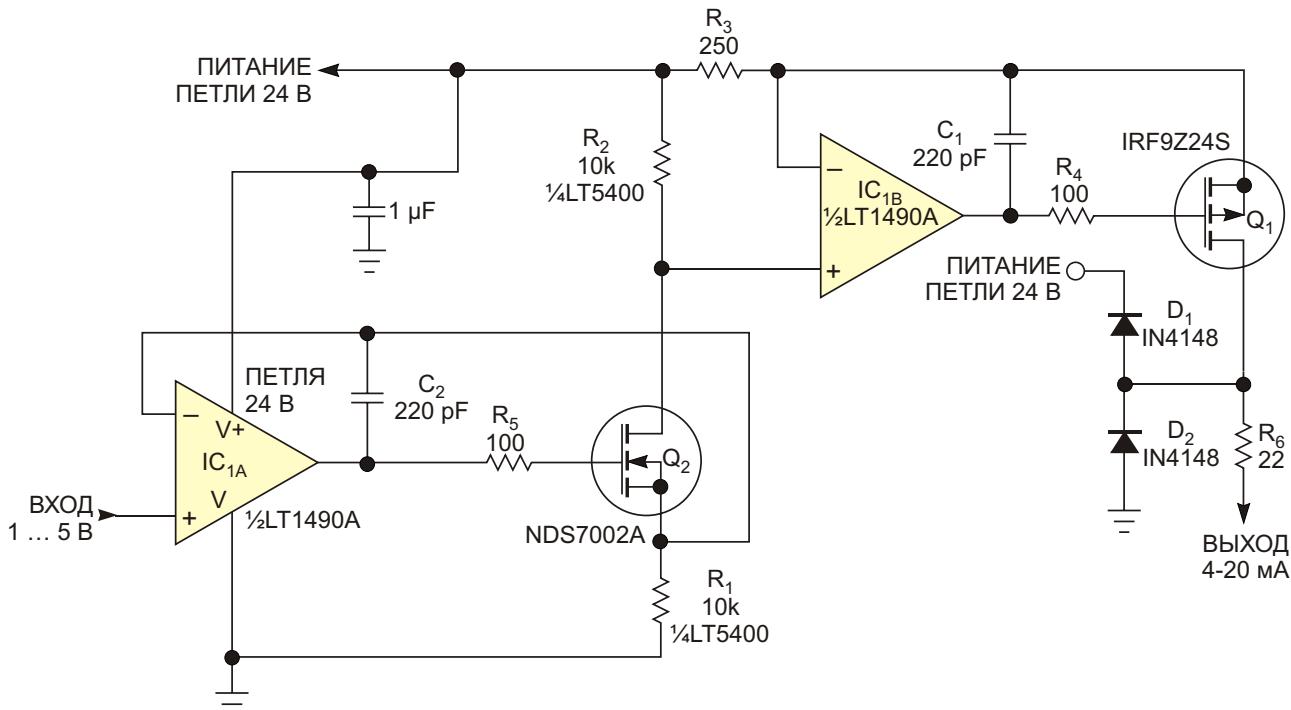


Рисунок 1. Высокая точность преобразования ток-напряжение обеспечивается двумя согласованными резисторами.

общую погрешность менее 0.2% (Рисунок 1). Два усилительных каскада позволяют полностью использовать уникальные параметры согласования резисторов сборки LT5400. Входное напряжение 1...5 В первого каскада, в типичном случае с выхода ЦАП, поступает на неинвертирующий вход микросхемы IC<sub>1A</sub>. Это напряжение задает ток через резистор R<sub>1</sub>, текущий также через МОП транзистор Q<sub>2</sub>, равный в точности V<sub>IN</sub>/R<sub>1</sub>. Этот же ток проходит и через резистор R<sub>2</sub>, поэтому напряжение на нижнем по схеме выводе R<sub>2</sub> равно напряжению питания петли 24 В за вычетом входного напряжения.

Точность этой части схемы определяется тремя основными источниками ошибок: качеством согласования R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub>, напряжением смещения IC<sub>1A</sub> и утечкой закрытого транзистора Q<sub>2</sub>. Абсолютные значения сопротивлений резисторов R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub> некритичны, но они должны быть в точности одинаковыми. Этому требованию в полной мере отвечает самый точный в семействе LT5400 прибор – микросхема LT5400A, имеющая погрешность согласования  $\pm 0.01\%$ . Напряжение смещения нуля микросхемы LT1490A в диапазоне температур от 0 до 70 °C составляет менее 700 мкВ. Вклад этого напряжения в ошибку составляет 0.07% при входном напряжении 1 В. Ток утечки транзистора NDS7002A равен 10 нА, хотя обычно он бывает намного меньше. Этот ток определяет ошибку в 0.001%.

Второй каскад поддерживает равенство падений напряжения на R<sub>3</sub> и R<sub>2</sub>, управляя током стока Q<sub>1</sub>. Поскольку падение напряжения на R<sub>2</sub> равно входному напряжению, ток, протекающий через транзистор Q<sub>1</sub>, в точности равен входному напряжению, деленному на сопротивление резистора R<sub>3</sub>. При использовании в качестве токоизмерительного резистора R<sub>3</sub> прецизионного 250-омного устройства, ток будет с высокой точностью отслеживать входное напряжение.

Источниками ошибок второго каскада будут сопротивление резистора R<sub>3</sub>, напряжение смещения IC<sub>1B</sub> и ток утечки Q<sub>1</sub>. Резистор R<sub>3</sub> напрямую задает выходной ток, поэтому его величина имеет определяющее значение для точности всей схемы. Сопротивление

250 Ом выбрано неслучайно, поскольку именно такой номинал чаще всего используется в токовой петле. Резистор Riedon SF-2 имеет начальную точность 0.1% и низкий температурный дрейф. Так же, как и в первом каскаде, вклад напряжения смещения в общую ошибку здесь не превышает 0.07%. Ток утечки транзистора Q<sub>1</sub> составляет менее 100 нА, внося о ошибку, не более 0.0025%.

Общая выходная ошибка без использования каких-либо подстроек получается меньше 0.2%. Основным источником ошибки является токоизмерительный резистор R<sub>3</sub>. Воспользовавшись более качественным устройством, таким как резистор серии Vishay PLT, вы сможете получить точность 0.1%. В процессе эксплуатации выходы токовых петель подвергаются значительным перегрузкам. Диоды D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub>, подключенные к источнику питания петли 24 В и к земле, помогают защитить транзистор Q<sub>1</sub>, в то время как R<sub>6</sub> обеспечивает некоторую его изоляцию. Ценой потери части выходного напряжения вы можете улучшить изоляцию, увеличив сопротивление R<sub>6</sub>. Если техническое задание допускает использование токовой петли при выходном напряжении менее 10 В, сопротивление R<sub>6</sub> можно увеличить до 100 Ом, тем самым, еще больше повысив устойчивость схемы к перегрузкам. В случае, когда к защите схемы предъявляются более высокие требования, включите на выходе ограничитель бросков напряжения (супрессор), ток утечки которого, однако, станет причиной небольшой потери точности.

Из четырех согласованных резисторов сборки LT5400 в этой схеме задействованы только два. Остальные два вы можете использовать для других целей, например, для прецизионного инвертора или для еще одной токовой петли 4-20 mA. Кроме того, вы можете включить эти резисторы параллельно R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub>. Такой прием снижает статистический вклад ошибки согласования в корень из двух раз. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Linear Technology LT1490A](#)
2. [Datasheet Linear Technology LT5400](#)
3. [Datasheet Vishay IRF9Z24S](#)
4. [Datasheet Fairchild NDS7002A](#)
5. [Datasheet Riedon SF-2](#)

# Использование КМОП ЦАП в качестве управляемого делителя напряжения

John Wupne

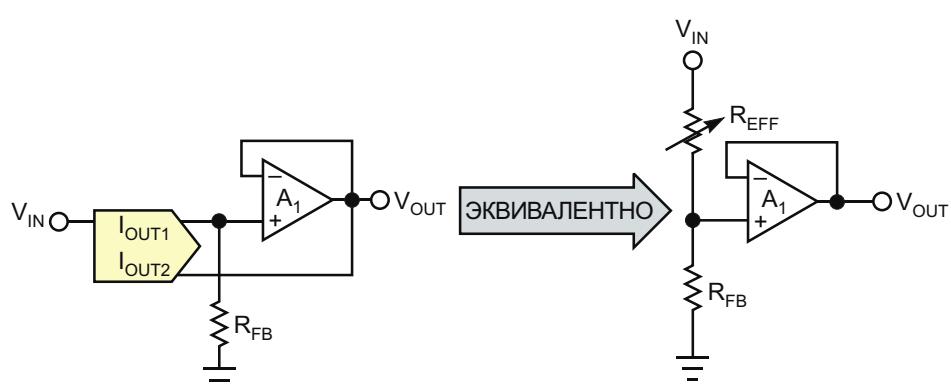
EDN

**В** устройствах, для которых достаточно 8-битного разрешения, цифровые потенциометры, такие, например, как AD5160, выпускаемые Analog Devices, прекрасно выполняют функции делителей напряжения с цифровым управлением. В статье предлагается делитель напряжения на основе КМОП ЦАП, который может оказаться полезным в приложениях, требующих более высокого разрешения.

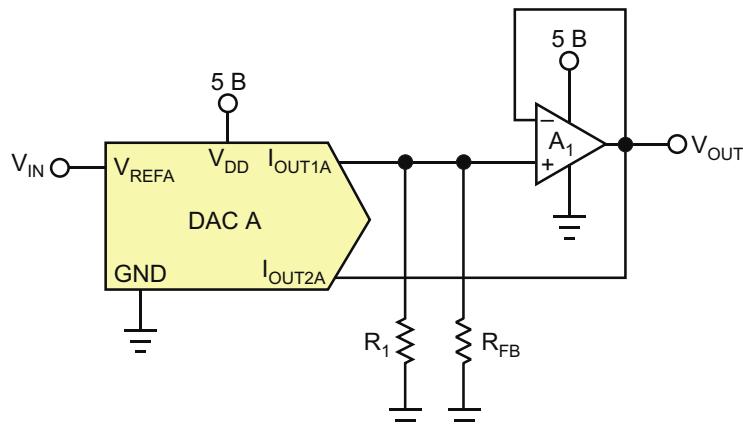
Миллионы лестничных КМОП ЦАП с матрицей резисторов R-2R нашли применение в схемах аттенюаторов, в которых внешний операционный усилитель, включенный преобразователем ток-напряжение, формирует виртуальную землю на одном из токовых

выходов. В пределах допустимых режимов операционный усилитель способен вырабатывать требуемое выходное напряжение как при постоянном, так и при переменном напряжении на входе опорного напряжения ЦАП. Обычно фаза выходного сигнала инвертируется относительно входного, что требует использования в схеме двух источников питания.

На Рисунке 1 показана простая схема, измененная так, чтобы в ней отсутствовала инверсия фазы, а значит, чтобы схема могла работать с одним источником питания. В такой конфигурации ЦАП представляет собой резистор с цифровым управлением, входной код которого изменяет эффективное



**Рисунок 1.** Эта простая схема не инвертирует фазу и работает с одним источником питания. В таком включении ЦАП работает как резистор с цифровым управлением.



**Рисунок 2.** В практической реализации схемы на Рисунке 1 используется половина сдвоенного 12-разрядного токового ЦАП AD5415, включенного делителем напряжения.

сопротивление между выводом опорного напряжения и токовым выходом  $I_{OUT1A}$ . Рисунок 2 демонстрирует практическую реализацию этой идеи, основанную на использовании половины сдвоенного 12-разрядного токового ЦАП AD5415, работающего в режиме делителя напряжения. Для упрощения схемы линии управления ЦАП на Рисунке 2 не показаны. Операционный усилитель  $A_1$  поддерживает напряжение на токовом выходе  $I_{OUT2A}$  равным напряжению на токовом выходе  $I_{OUT1A}$ . Такое решение исключает разбаланс напряжений между этими двумя шинами, который мог бы стать причиной различия напряжений затвор-исток внутренних ключей и ухудшения его линейности.

Резистор  $R_1$  вместе с внутренним резистором ЦАП  $R_{FB}$  образуют составной резистор обратной связи, сопротивление которого равно входному импедансу  $R$  матрицы  $R-2R$ . Для такого включения передаточная функция схемы равна

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R}{R_{EFF} + R},$$

где

$R_{EFF}$  – эффективное сопротивление ЦАП, установленное цифровым кодом на входе.

Его значение равно

$$R_{EFF} = \frac{R \cdot 2^n}{N},$$

где

$n$  – разрешение ЦАП,

$N$  – двоичный эквивалент входного цифрового кода.

Подставляя второе выражение в первое, и считая, что ошибка усиления ЦАП равна нулю, получаем упрощенную формулу для передаточной функции:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1}{1 + \frac{4096}{N}}.$$

Когда все внутренние ключи разомкнуты, эффективное сопротивление между входом опорного напряжения и выводом  $I_{OUT1A}$  равно бесконечности, поэтому стартовой точкой для выходного напряжения при нулях на всех входах управления ЦАП будет 0 В. По мере увеличения кода выходное напряжение будет линейно возрастать, и в идеале достигнет половины входного при единицах на всех управляющих входах ЦАП.

Максимальное значение выходного напряжения ограничено пороговыми напряжениями  $N$ -канальных транзисторов внутренних КМОП ключей ЦАП, из-за чего использование схемы в полном диапазоне управляющих кодов возможно не во всех случаях. Это связано с тем, что напряжение на затворах ключей остается привязанным к напряжению  $V_{DD}$ , в то время как напряжение на истоках увеличивается с ростом напряжения на  $I_{OUT1A}$ . По мере увеличения этого

напряжения сопротивление открытых ключей становится большим и неопределенным, в результате чего начинается насыщение выхода, а поведение делителя перестает быть предсказуемым. Для правильной работы схемы напряжение  $V_{DD}$  должно быть на несколько вольт выше максимального выходного напряжения, то есть, половины входного напряжения. Это же правило можно сформулировать по другому: входное напряжение должно быть более чем в два раза меньше напряжения  $V_{DD}$  – 3 В. При напряжении  $V_{DD}$  равном 5 В область линейной работы состав-

ляет примерно 3.33 В, после чего выход схемы начинает насыщаться. Если возникнет необходимость увеличить диапазон выходных напряжений, вместо AD5415 вы можете взять микросхему AD7541A, рассчитанную на питание от источника 15 В. Такая замена расширит полезный диапазон выходных сигналов приблизительно до 7 В. **РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Analog Devices AD5160](#)
2. [Datasheet Analog Devices AD5415](#)
3. [Datasheet Analog Devices AD7541A](#)

# Приставки директор-секретарь и разветвитель линии 1x2

## Часть 2

*Окончание. Начало в номере 03-2016*

Витушкин Д. Ф., Узбекистан, Ташкент

**П**ереходим к программному оформлению устройств.

Микроконтроллер сконфигурирован для работы от внутреннего тактового генератора с прерываниями от портов GP4 (детектор состояния линии), GP1 (детектор поднятия трубки телефона директора) и GP3 (детектор поднятия трубки телефона секретаря).

Алгоритм работы приставки «директор-секретарь» сводится к тому, что большую часть времени контроллер находится в спящем режиме и просыпается при изменении состояния линии. Наличие звонка в линии определяется программно. С целью определения звонка производится замер числа прерываний от порта GP4 в течение 100 мс. По количеству определившихся переходов можно судить о наличии в линии звонка или его отсутствии. В течение первых трех звонковых посылок телефон директора принудительно отключен от линии, то есть, эти звонки принимаются только телефоном секретаря. По истечении

трех посылок вызова телефон директора подключается к линии и начинает звонить, а телефон секретаря отключается. При параллельном занятии линии телефонами секретаря и директора (в том случае если директор снял трубку, а на линии в этот момент находился секретарь) устройство позволяет находиться обоим на линии в течение 10 с, после чего телефон секретаря принудительно отключается. Кроме того, при наборе номера с телефона секретаря в импульсном режиме телефон директора блокируется на время набора номера. Это исключает «подзывивание» и занятие линии телефоном директора во время набора номера секретарем.

Особенности программы приставки «директор-секретарь» таковы, что в исходном состоянии подключаются телефоны директора и секретаря, разрешаются прерывания от детектора звонка и детекторов поднятия трубок ТА директора и секретаря, после чего контроллер уходит в сон.

```
START
    BSF    GPIO,0          ; включаем ТА директора
    BSF    GPIO,5          ; включаем ТА секретаря
    BSF    STATUS, RP0      ; банк 1
    MOVLW  B'00011010'      ; вкл. прерывание от GP1, GP3, GP4
    MOVWF  IOCB
    BCF    STATUS, RP0      ; банк 0
;*****ОЖИДАНИЕ*****
    SLEEP
    NOP
```

При изменении состояния портов GP1, GP3 или GP4 контроллер просыпается и

```
; ВХОД В ПРЕРЫВАНИЕ ОТ ПОРТОВ
PER
    MOVWF    W_TEMP          ; сохраняем значение W и STATUS
    SWAPF    STATUS,W
    MOVWF    STATUS_TEMP
    MOVF     GPIO,0
    BCF      INTCON,0        ; сбросим флаг прерывания от портов
    INCF     RING
    SWAPF    STATUS_TEMP,W  ; восстанавливаем значение W и STATUS
    MOVWF    STATUS
    SWAPF    W_TEMP,F
    SWAPF    W_TEMP,W

    RETFIE
```

В подпрограмме нужно сохранить значения ключевых регистров – W и STATUS.

Выяснить, от какого источника пришло прерывание, здесь нецелесообразно, поскольку это делается в основном теле программы.

обрабатывает прерывание:

Переменная RING является счетчиком числа прерываний. Каждый последующий вход в прерывание добавляет в нее единицу.

Затем запрещаются все прерывания, и определяется источник прерывания:

```
;***** ИЗМЕНЕНИЕ НА ДАТЧИКАХ *****
```

```
BSF      STATUS, RP0      ; банк 1
CLRF    IOCB              ; выкл. прерывания
BCF      STATUS, RP0      ; банк 0
```

Далее реализован цикл общей длительностью 6 мс, в котором проверяется наличие

на детекторе вызова лог «1», то есть, наличие на линии звонка:

```
MOVLW    .5
MOVWF    TEMP1
MOVLW    .255
MOVWF    TEMP2
BTFSC    GPIO,4          ; "1" - звонок
GOTO     $+.6
DECFSZ  TEMP2
GOTO     $-.3
DECFSZ  TEMP1
GOTO     $-.7
GOTO     $+.8
```

Если звонок был определен, отключаются телефоны директора и секретаря, затем происходит переход на подпрограмму ANALIZ,

где в цикле 100 мс происходит замер количества входов в прерывание по изменению состояния порта детектора вызова (GP4):

```
BCF      GPIO,5          ; отключаем ТА секретаря
BCF      GPIO,0          ; отключаем ТА директора
CALL    ANALIZ           ; проверяем наличие на линии звонка
MOVF    RING,W
```

```

SUBLW    .20          ; вычитаем W из константы
BTFSS    STATUS, C    ; если результат <0...
GOTO     RING_

```

Если звонок не был определен, происходит опрос датчиков состояния трубок телефонов директора и секретаря. При обнаружении поднятия трубки на ТА директора или секретаря происходит переход на блок обра-

```

BTFSS    GPIO, 1        ; "0" - трубка ТА директора снята
GOTO     DIR
BTFSS    GPIO, 3        ; "0" - трубка ТА секретаря снята
GOTO     SEK
GOTO     START_

```

В подпрограмме **ANALIZ** происходит определение числа входов в прерывание от GP4 в течение 100 мс. Здесь очищается счетчик

ботки этих режимов. Если не было зафиксировано снятия трубок ни с ТА секретаря, ни с ТА директора, программа переходит на начальную точку работы:

прерываний **RING** и разрешается прерывание от GP4. Далее следуют вложенные циклы общей длительностью 100 мс:

### **ANALIZ**

```
;***ОПРЕДЕЛЕНИЕ НА ЛИНИИ ЗВОНКА В ТЕЧЕНИЕ 100 мс***
```

```

CLRF    RING
BSF     STATUS, RP0    ; банк 1
BSF     IOCB, 4        ; вкл. прерывание от GP4 (наблюдаем за линией)
BCF     STATUS, RP0    ; банк 0
MOVLW   .200
MOVWF   TEMP1
MOVLW   .170
MOVWF   TEMP2
DECFSZ  TEMP2
GOTO   $-1
DECFSZ  TEMP1
GOTO   $-5
BSF     STATUS, RP0    ; банк 1
BCF     IOCB, 4        ; выкл. прерывание от GP4
BCF     STATUS, RP0    ; банк 0
;*****
RETURN

```

В блоке работы с телефоном директора происходит отключение ТА секретаря, разрешение прерывания от GP1 (датчик состояния трубки ТА директора) и уход в сон. При возникновении прерывания от GP1 выполняется выход из сна, отработка прерывания и цикл задержки на 100 мс (**PAUSE**). По истечении этого времени проверяется состоя-

ние GP1: если шлейф ТА окажется замкнут (лог. «0»), что будет соответствовать импульсному набору номера, произойдет переход в начало блока **DIR**. Если же шлейф окажется разорван, можно считать, что директор положил трубку, и произойдет переход на исходную точку всей программы (**START\_**):

```

;*****ОБРАБОТКА ИМПУЛЬСНОГО НАБОРА*****
;*****ПРИЕМ ВХОДЯЩЕГО ВАЗОВА*****
;*****ТА ДИРЕКТОР*****

```

**DIR:**

```

BCF     GPIO, 5        ; отключаем ТА секретаря
BSF     STATUS, RP0    ; банк 1

```

```

MOVLW    B'00000010'      ; вкл. прерывание от GP1
MOVWF    IOCB
BCF      STATUS, RP0      ; банк 0
;*****ОЖИДАНИЕ*****
SLEEP
NOP
;*****ИЗМЕНЕНИЕ НА ДАТЧИКАХ*****

BSF      STATUS, RP0      ; банк 1
CLRF    IOCB                ; выкл. прерывания
BCF      STATUS, RP0      ; банк 0
CALL    PAUSE
BTFSZ   GPIO,1              ; "0" - трубка ТА директора снята
GOTO    $-.11
GOTO    START_

```

Блок работы с телефоном секретаря состоит из двух частей. В первом блоке происходит 5-секундная задержка перед включением ТА директора. Эта задержка необходима для возможности импульсного набора номера ТА секретаря (чтобы в этот момент линия не шунтировалась аппаратом дирек-

тора, если он поднимет трубку во время набора). При обнаружении импульсного набора (аналогично описанному выше алгоритму) выдержка паузы увеличивается еще на 5 с. Если секретарь уложит трубку, программа перейдет на начальную точку работы (`START_`):

```

;*****ОБРАБОТКА ИМПУЛЬСНОГО НАБОРА*****
;*****ТА СЕКРЕТАРЬ*****
SEK:

BCF      GPIO,0              ; отключаем ТА директора
MOVLW   .16
MOVWF   TEMP1
MOVLW   .255
MOVWF   TEMP2
MOVLW   .255
MOVWF   TEMP3
BTFSZ   GPIO,3              ; "1" - трубка ТА секретаря уложена
GOTO    $+.8
DECFSZ  TEMP3
GOTO    $-.3
DECFSZ  TEMP2
GOTO    $-.7
DECFSZ  TEMP1
GOTO    $-.11
GOTO    $+.6
CALL    PAUSE
BTFSZ   GPIO,3              ; "1" - трубка ТА секретаря уложена
GOTO    START_
BTFSZ   GPIO,3              ; "0" - трубка ТА секретаря поднята
GOTO    SEK

```

По истечении 5 с импульсного набора после последней набранной цифры следует второй блок работы с ТА секретаря: включается ТА директора и разрешается прерывание от детекторов поднятия трубок обоих

телефонов. Далее, при возникновении прерывания, определяется его источник. Если один из абонентов уложил трубку на ТА, происходит переход на начальную точку программы. В противном случае можно считать,

что оба абонента находятся на линии. Далее формируется цикл общей длительностью 10 с, в котором поочередно опрашиваются детекторы состояния трубок ТА директора и секретаря. При обнаружении лог. «1» на одном из детекторов (один из абонентов полу-

жил трубку), происходит переход на начальную точку программы. Если же по истечении 10 с оба абонента остаются на линии, происходит принудительное отключение ТА секретаря и переход на начальную точку программы (**START\_**):

```
;*****ПРИЕМ ВХОДЯЩЕГО ВЫЗОВА*****
;*****ТА СЕКРЕТАРЬ*****
SEK_:
    BSF      GPIO,0          ; включаем ТА директора
    BSF      STATUS, RP0      ; банк 1
    MOVLW   B'00001010'        ; вкл. прерывание от GP1, GP3
    MOVWF   IOCB
    BCF      STATUS, RP0      ; банк 0
;*****ОЖИДАНИЕ*****
    SLEEP
    NOP
;*****ИЗМЕНЕНИЕ НА ДАТЧИКАХ*****
    BSF      STATUS, RP0      ; банк 1
    CLRF    IOCB              ; выкл. прерывания
    BCF      STATUS, RP0      ; банк 0
    CALL    PAUSE
    BTFSC   GPIO,3            ; "1" - трубка ТА секретаря уложена
    GOTO    START_
    BTFSC   GPIO,1            ; "1" - трубка ТА директора уложена
    GOTO    SEK_
;***** ДИРЕКТОР И СЕКРЕТАРЬ НА ЛИНИИ *****
    MOVLW   .23
    MOVWF   TEMP1
    MOVLW   .255
    MOVWF   TEMP2
    MOVLW   .255
    MOVWF   TEMP3
    BTFSC   GPIO,3            ; "1" - трубка ТА секретаря уложена
    GOTO    START_
    BTFSC   GPIO,1            ; "1" - трубка ТА директора уложена
    GOTO    SEK_
    DECFSZ  TEMP3
    GOTO    $-.5
    DECFSZ  TEMP2
    GOTO    $-.9
    DECFSZ  TEMP1
    GOTO    $-.13
    BCF      GPIO,5            ; отключаем ТА секретаря
    GOTO    START_
```

В блоке обработки вызова производятся селекция вызываемых посылок, их подсчет и включение (либо отключение) ТА для приема вызова. Изначально включен ТА секретаря и отключен ТА директора. Включение и отклю-

чение производятся при нулевом значении счетчика **TEMP4** (проверяется через **STATUS, Z**). Распознавание вызываемой посылки происходит в уже описанной подпрограмме **ANALIZ** с вычитанием полученного значения

**RING** из константы. При успешном результате (посылка вызова опознана) происходит возврат на подпрограмму **ANALIZ**, и так повторяется до тех пор, пока вызывная посылка не прекратится. После чего произойдет декремент счетчика **TEMP4** (при достижении нулевого результата дальнейшее декрементирование будет запрещено) и переход на цикл ожидания вызова длительностью 5 с. В этом цикле происходит ожидание поступления вызывной посылки (также через подпрограмму **ANALIZ**). Аналогичным образом здесь поочередно опрашиваются

детекторы поднятия трубы обоих аппаратов на предмет наличия лог. «0» (трубка поднята). При обнаружении поднятия трубы происходит переход на блок обработки соответствующего абонента (**DIR** либо **SEK\_**). Если вызывная посылка не придет в течение 5 с, программа возвращается в начальную точку (**START\_**), в противном случае произойдет переход на участок, в котором при обнулении **TEMP4** ТА секретаря будет отключен, а ТА директора включен. Далее снова повторяются циклы обработки вызывной посылки, паузы и т. д.:

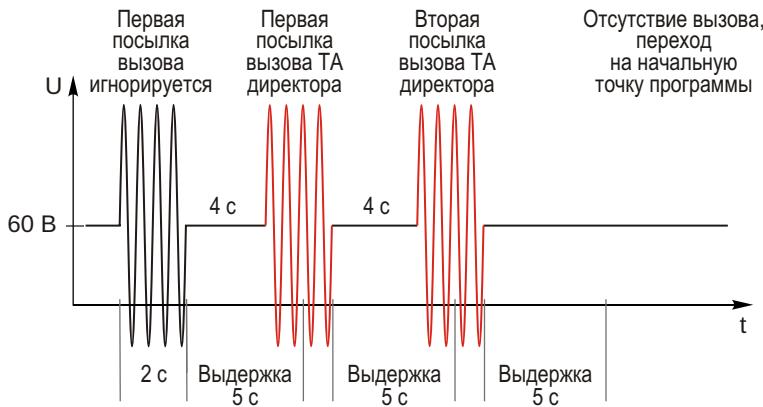
```
;*****ОБРАБОТКА ЗВОНКА *****
RING_:
    MOVLW    .3
    MOVWF    TEMP4

;ОЖИДАНИЕ ПОДНЯТИЯ ТРУБКИ В ТЕЧЕНИЕ ЗВОНКА
;ВКЛЮЧЕНИЕ ТА ДИРЕКТОРА ПОСЛЕ 3-Х ПОСЫЛОК ВЫЗОВА
    BCF      GPIO,0          ; отключаем ТА директора
    BSF      GPIO,5          ; включаем ТА секретаря
    MOVF    TEMP4,W
    BTFSC   STATUS, Z       ; =0...
    BSF      GPIO,0          ; включаем ТА директора
    MOVF    TEMP4,W
    BTFSC   STATUS, Z       ; =0...
    BCF      GPIO,5          ; отключаем ТА секретаря
    CALL    ANALIZ
    MOVF    RING,W
    SUBLW   .20              ; вычитаем W из константы
    BTFSS   STATUS, C       ; если результат <0...т.е. звонок определен
    GOTO    $-4              ; ожидание окончания звонка
    MOVF    TEMP4,W
    BTFSC   STATUS, Z       ; =0...
    GOTO    $+2              ; ЗАПРЕЩАЕМ ВЫЧИТАНИЕ TEMP4
    DECF    TEMP4

;*****ОЖИДАНИЕ ЗВОНКА В ТЕЧЕНИЕ 5 С*****
    MOVLW    .50
    MOVWF    TEMP5
    CALL    ANALIZ
    MOVF    RING,W
    SUBLW   .20              ; вычитаем W из константы
    BTFSS   STATUS, C       ; если результат <0...т.е. звонок определен
    GOTO    $-.21
    BTFSS   GPIO,1           ; "0" - трубка ТА директора снята
    GOTO    DIR
    BTFSS   GPIO,3           ; "0" - трубка ТА секретаря снята
    GOTO    SEK_
    DECFSZ  TEMP5
    GOTO    $-.10
    GOTO    START_
```

Несмотря на бурное развитие сотовых технологий, домашний телефон и по сей день остается надежным и сравнительно деше-

вым средством связи. Одно только «но» – установить его себе домой или в организацию остается большой проблемой. И дело



*Рисунок 9.*

тут не в отсутствии номерных емкостей на современных электронных АТС, а в нехватке абонентских линий. Потому то, наверное, и сегодня все еще можно встретить сблокированные абонентские линии, имеющие два разных номера, но подключенные к одной и той же телефонной паре.

Следующее устройство, собранное по той же схеме, что и предыдущее, но имеющее другую программную «начинку», способно сделать из одного телефона два.

Устройство позволяет двум абонентам, подключенными к одному и тому же телефонному номеру осуществлять исходящие и принимать входящие звонки с сохранением конфиденциальности разговора.

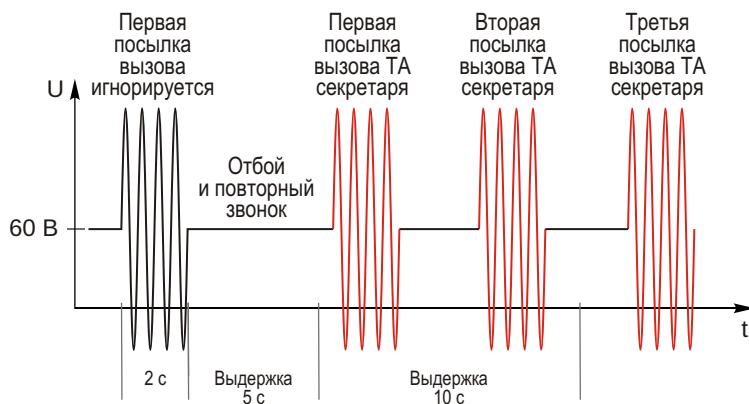
При исходящей связи приставка работает как простой блокиратор спаренных телефонов, а при входящей селекция вызова производилась по принципу «набрал, дождался первого гудка, сбросил и снова набрал».

Начальная часть программы аналогична описанной выше программе для приставки

«Директор-секретарь». Отличия заключаются в блоке обработки входящих и исходящих вызовов на телефон секретаря «**SEK**», а также в блоке обработки входящего вызова «**RING**». Поскольку в данном устройстве абоненты не имеют никаких приоритетов друг перед другом, связь организуется по принципу «кто первым снял трубку, тот и получил возможность соединения»: блоки работы с ТА директора и ТА секретаря аналогичны и соответствуют описанному выше блоку «**DIR**».

Блок обработки входящего вызова «**RING**» работает следующим образом. При поступлении первой посылки вызова оба аппарата будут отключены от линии. При поступлении второй посылки вызова в течение 5 с после окончания первой к линии будет подключен ТА директора, который начнет принимать входящий вызов. Данный процесс изображен на Рисунке 9.

При поступлении второй вызывной посылки с интервалом более 5 с после первой, в



*Рисунок 10.*

течение 10 с, что эквивалентно отбою и повторному вызову, к линии будет подключен ТА секретаря, который начнет принимать входящий вызов (Рисунок 10).

Блок обработки звонка состоит из двух подблоков. В первом подблоке происходит отключение телефонов обоих абонентов, ожидается окончание первой посылки вызова, выдерживается пауза в 5 с для определения появления (или отсутствия) очередной посылки вызова в течение этого времени, и тут же проверяется занятие линии телефоном директора. Если занятие произошло, программа переходит на блок работы с ТА директора (**DIR**). При появлении посылки

вызыва в течение 5 с после окончания первой к линии подключается телефон директора, программа переходит в точку ожидания окончания посылки и т. д. По приходу второй посылки вызова телефон директора подключается к линии и начинает звонить. По окончании вызова, если абонент не ответил, или вызывающий абонент прервал звонок после второй (либо последующей) посылки вызова, происходит опрос состояния выходного порта, нагруженного на ключ ТА директора. Если выходной порт (GPIO,0) находится в состоянии лог. «1», т.е. телефон директора уже подключен к линии, программа переходит на начальную точку работы:

```
;*****ОБРАБОТКА ЗВОНКА *****
RING_:
    BCF      GPIO,0          ; отключаем ТА директора
    BCF      GPIO,5          ; отключаем ТА секретаря

;*****ПЕРВАЯ ПОСЫЛКА ВЫЗОВА*****
CALL    ANALIZ
MOVF   RING,W
SUBLW  .20           ; вычитаем W из константы
BTFSS  STATUS, C     ; если результат <0...т.е. звонок определен
GOTO   $-4            ; ожидание окончания звонка

;*****ОЖИДАНИЕ ЗВОНКА В ТЕЧЕНИЕ 5 с*****
MOVLW  .50
MOVWF  TEMP5
CALL   ANALIZ
MOVF   RING,W
SUBLW  .20           ; вычитаем W из константы
BTFSS  STATUS, C     ; если результат <0...т.е. звонок определен
GOTO   $+.6
BTFSS  GPIO,1         ; "0" - трубка ТА директора снята
GOTO   DIR
DECFSZ TEMP5
GOTO   $-.8
GOTO   $+3

BSF    GPIO,0          ; включаем ТА директора
GOTO   $-.18
BTFSC  GPIO,0          ; если ТА директора включен
GOTO   START_
GOTO   $+.18
```

Если же звонок был прерван после первой посылки вызова (что соответствует алгоритму дозвона до секретаря) – телефон директора еще не подключен к линии, то есть, выходной порт (GPIO,0) находится в состоянии лог. «0», – выполняется переход на вто-

рой подблок, в котором происходит ожидание посылки вызова в течение 10 с. Если за это время посылка вызова не придет, программа перейдет на начальную точку работы. В противном случае к линии будет подключен ТА секретаря, который начнет прини-

мать вызов. Далее, как и в предыдущем подблоке, после окончания вызывной посылки выдерживается 5-секундная пауза, где проверяется занятие линии телефоном секрета-

ря. При появлении посылки в интервале этого времени процесс повторяется. При его отсутствии программа перейдет на начальную точку:

```
;*****ПОСЫЛКА ВЫЗОВА*****
;*****ПОСЛЕ ПАУЗЫ*****

CALL ANALIZ
MOVF RING,W
SUBLW .20           ; вычитаем W из константы
BTFSS STATUS,C      ; если результат <0...т.е. звонок определен
GOTO $-4             ; ожидание окончания звонка

;*****ОЖИДАНИЕ ЗВОНКА В ТЕЧЕНИЕ 5 с*****

MOVLW .50
MOVWF TEMP5
CALL ANALIZ
MOVF RING,W
SUBLW .20           ; вычитаем W из константы
BTFSS STATUS,C      ; если результат <0...т.е. звонок определен
GOTO $-.11            ;
BTFSS GPIO,3          ; "0" - трубка ТА секретаря снята
GOTO SEK
DECFSZ TEMP5
GOTO $-.8
GOTO START

;*****ОЖИДАНИЕ ЗВОНКА В ТЕЧЕНИЕ 10 с*****

MOVLW .100
MOVWF TEMP5
CALL ANALIZ
MOVF RING,W
SUBLW .20           ; вычитаем W из константы
BTFSS STATUS,C      ; если результат <0...т.е. звонок определен
GOTO $+.4
DECFSZ TEMP5
GOTO $-.6
GOTO START
BSF GPIO,5            ; включаем ТА секретаря
GOTO $-.28
```

## Загрузки

Исходный текст программы в MPLAB и hex-файл прошивки для приставки директор-секретарь



Исходный текст программы в MPLAB и hex-файл прошивки для приставки разветвитель 1x2



# Усовершенствованная схема управления усилением на основе полевого транзистора

Ron Mancini

EDN

Одной из проблем, характерных для стандартных схем управления усилением на основе полевого транзистора, является увеличение уровня шумов, когда транзистор используется как часть резистивного аттенюатора, включенного последовательно с операционным усилителем (ОУ). В такой конфигурации ослабление сигнала происходит до его усиления, а это влечет за собой необходимость выбора ОУ с большей полосой усиления и лучшими шумовыми характеристиками. Когда вы включаете полевой транзистор в качестве резистора, задающего усиление в схеме неинвертирующего усилителя, искажения ограничивают область применения схемы приложениями с входными напряжениями, не превышающими нескольких сотен милливольт. Это ограничение обусловлено свойствами полевого транзистора, толщина обедненной области которого зависит от напряжений сток-затвор и затвор-исток. В усовершенствованной схеме, показанной на Рисунке 1, полевой

транзистор используется как часть петли обратной связи. В этой конфигурации напряжение на транзисторе ограничено, поэтому схема имеет достаточно хорошие шумовые параметры. Дополнительным бонусом оказывается улучшение линейности. Передаточная функция усовершенствованной схемы описывается следующим выражением [1]:

$$G = \frac{R_2 R_3}{R_1} \frac{R_2 R_3}{R_4}.$$

Если  $R_2 + R_3 = R_1$  и  $R_4 = R_{DS}$  (сопротивление сток-исток полевого транзистора), передаточная функция упрощается до следующего вида:

$$G = 1 + R_2 \parallel \frac{R_3}{R_{DS}}.$$

Минимальное сопротивление сток-исток для выбранного полевого транзистора J271 равно 76 Ом при напряжении затвор-исток  $V_{GS} = 0$  В. Фактическое значение напряжения сток-исток  $V_{DS}$ , с которого начинаются искажения, зависит от конкретного экземпляра транзистора, но из практики следует, что, как правило, достаточно, чтобы это напряжение было меньше 200 мВ. В схеме на Рисунке 1 напряжение сток-исток транзистора ограничено значением порядка 100 мВ. Выходное напряжение  $V_{DS}$  делителя, образованного сопротивлениями  $R_3$  и  $R_{DS}$ , вычисляется по следующей формуле:

$$V_{DS} = V_{OUT} \frac{R_{DS}}{R_{DS} + R_3} = 0.1 \text{ В} \cdot 5 \frac{0.076}{0.076 + R_3}.$$

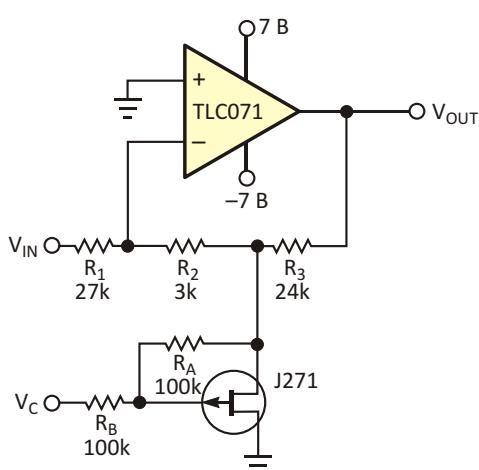
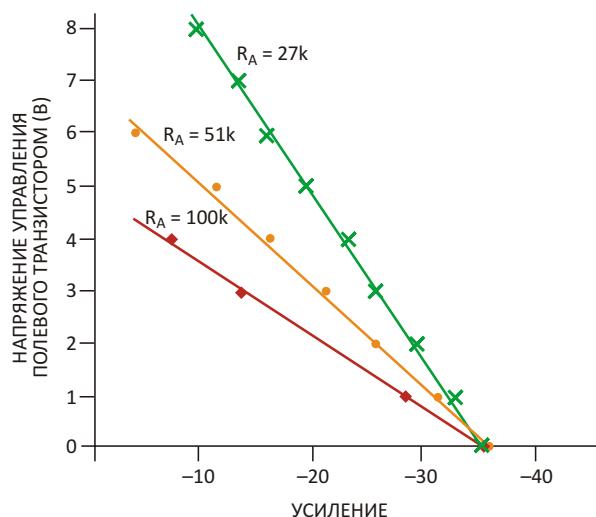


Рисунок 1. Сопротивление сток-исток полевого транзистора управляет усилением каскада на операционном усилителе.

Рассчитав  $R_3$  на основании этой формулы и получив 24.5 кОм, вы выбираете ближайшее стандартное значение 24 кОм. Максимальное усиление определяется величиной параллельного сопротивления резисторов  $R_2$  и  $R_3$ . Выбор значения 3 кОм для резистора  $R_2$  дает  $R_1 = 27$  кОм; при этом максимальный коэффициент усиления равен -37. Усиление, измеренное в реальной схеме при  $V_C = V_{GS} = 0$  В, оказалось равным -36.1, что достаточно хорошо соответствует расчетам.  $R_A$  и  $R_B$  – это резисторы обратной связи, линеаризующие зависимость  $R_{DS}$  от  $V_{GS}$ . Как правило, получить адекватную линеаризацию вы сможете с одинаковыми сопротивлениями резисторов, но, меняя их соотношение, вы дополнительно получаете возможность управления наклоном передаточной функции. Графики на Рисунке 2 демонстрируют влияние сопротивления  $R_A$  на крутизну передаточной функции и диапазон управляемых напряжений ( $V_{GS}$ ). Р-канальный полевой транзистор J271 управляет положительным напряжением, однако взяв эквивалентный п-канальный транзистор, такой например, как J210, вы сможете использовать отрицательное напряжение управления. Схема универсальна, недорога, и обеспечивает минимальные искажения, широкий динамический диапазон и хорошую линейность. Операционный усили-



**Рисунок 2.** Отношение  $R_A/R_B$  задает наклон передаточной функции схемы на Рисунке 1.

тель TLC071 отличается низкими входными токами и имеет выводы коррекции напряжения смещения входа. **РЛ**

## Ссылки

1. Mancini, Ron, "Op amps for everyone," Texas Instruments, September 2000, pg 3.

## Материалы по теме

1. [Datasheet Fairchild J271](#)
2. [Datasheet Fairchild MMBFJ210](#)
3. [Datasheet Texas Instruments TLC071](#)

# Тестер для проверки блокировочных конденсаторов

Carl Pugh

EDN

Блокировочные конденсаторы применяются в большинстве схем, но при плохих импульсных характеристиках эффект их использования может совсем не соответствовать ожидаемому. Очень немного статей, если таковые вообще существуют, затрагивают тему измерения импульсных характеристик блокировочных конденсаторов. На Рисунке 1 показана схема, предназначенная для таких измерений. Она в течение примерно 1 мс заряжает проверяемый конденсатор через резистор с сопротивлением 100 кОм, а затем за время порядка 40 нс разряжает его через резистор 10 Ом. Этот цикл периодически повторяется. Схема собрана на двухсторонней печатной плате.

Все компоненты, за исключением резистора 10 Ом, установлены на одной стороне платы, что позволяет полностью использовать эффект экранирования литым алюминиевым корпусом (Рисунок 2). Выводы всех элементов надо сделать короткими, насколько это возможно, а сами элементы установить как можно ближе к поверхности меди. Конструкция платы такова, что вам не придется искать точку подключения «земли» осциллографа. В качестве штырей заземления, межслойных соединений, зажимов для фиксации проверяемого конденсатора и клемм для подключения щупов осциллографа использованы контакты для макетной платы.

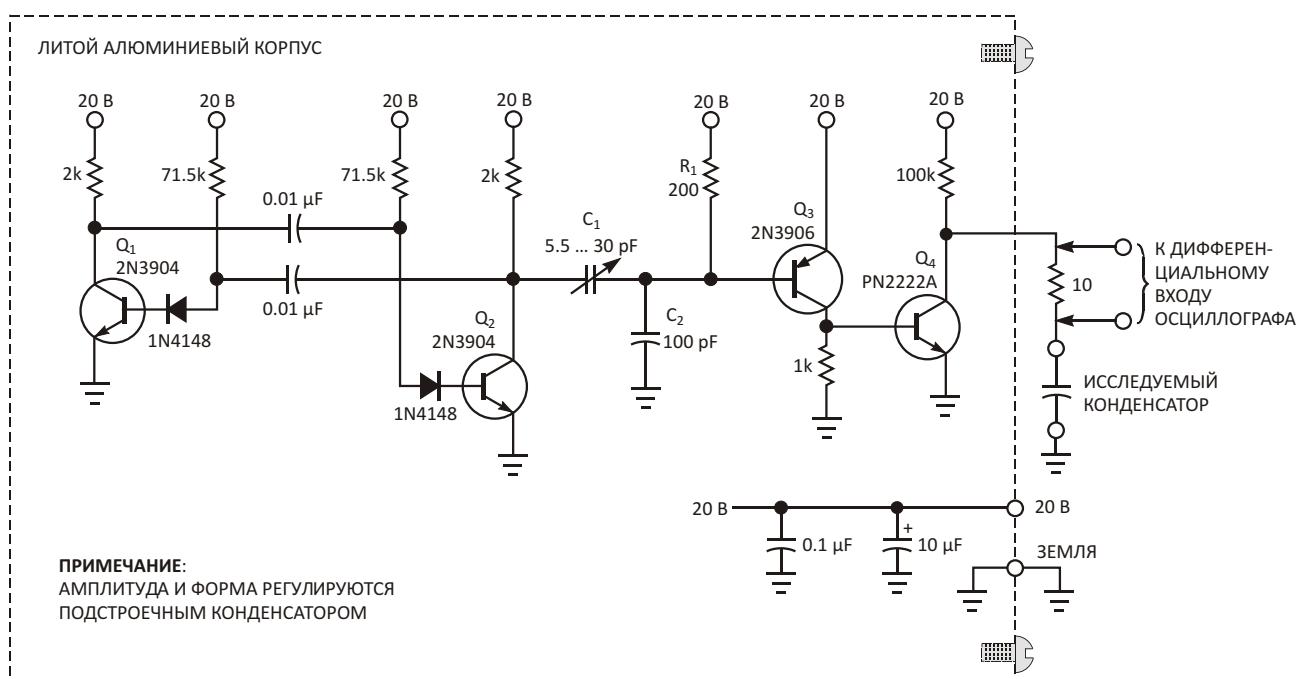
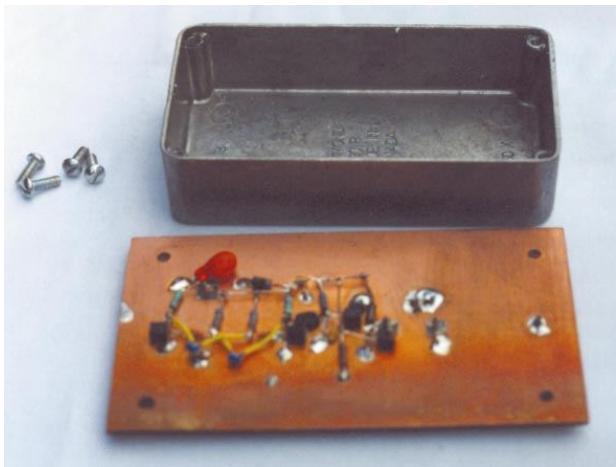


Рисунок 1. Эта простая схема позволяет проверять импульсные характеристики блокировочных конденсаторов.



**Рисунок 2.** Все компоненты установлены на одной стороне печатной платы и экранированы литым алюминиевым корпусом.

Схема содержит автоколебательный мультивибратор на двух транзисторах 2N3904 ( $Q_1$  и  $Q_2$ ) и связанных с ними компонентах. Подстроечный конденсатор  $C_1$ , конденсатор  $C_2$  емкостью 100 пФ и 200-омный резистор  $R_1$  образуют формирователь коротких импульсов. В предварительном усилителе использо-

ван транзистор 2N3906 ( $Q_3$ ) с сопутствующими компонентами, а мощный выходной усилитель основан на транзисторе PN2222A ( $Q_4$ ). Элементы  $C_1$ ,  $C_2$  и  $R_1$  из заднего фронта импульса мультивибратора формируют импульсы амплитудой 0.7 В с малыми временами нарастания и спада. Поскольку начальное смещение на базе транзистора  $Q_3$  отсутствует, он открывается только на пиках входных импульсов, вырабатывая импульсы с очень малыми временами нарастания и спада. Выход  $Q_3$  управляет транзистором  $Q_4$ , открывая его примерно на 40 нс. Исследовав один и тот же конденсатор сначала с длинными выводами, а затем с максимально укороченными, вы получите очень интересные результаты, наглядно подтверждающие универсальное правило: чем выводы короче, тем лучше.**РЛ**

## Материалы по теме

1. [Datasheet Fairchild PN2222A](#)
2. [Datasheet Fairchild 2N3904](#)
3. [Datasheet Fairchild 2N3906](#)

# Изолированный источник для питания модуля цифрового вольтметра

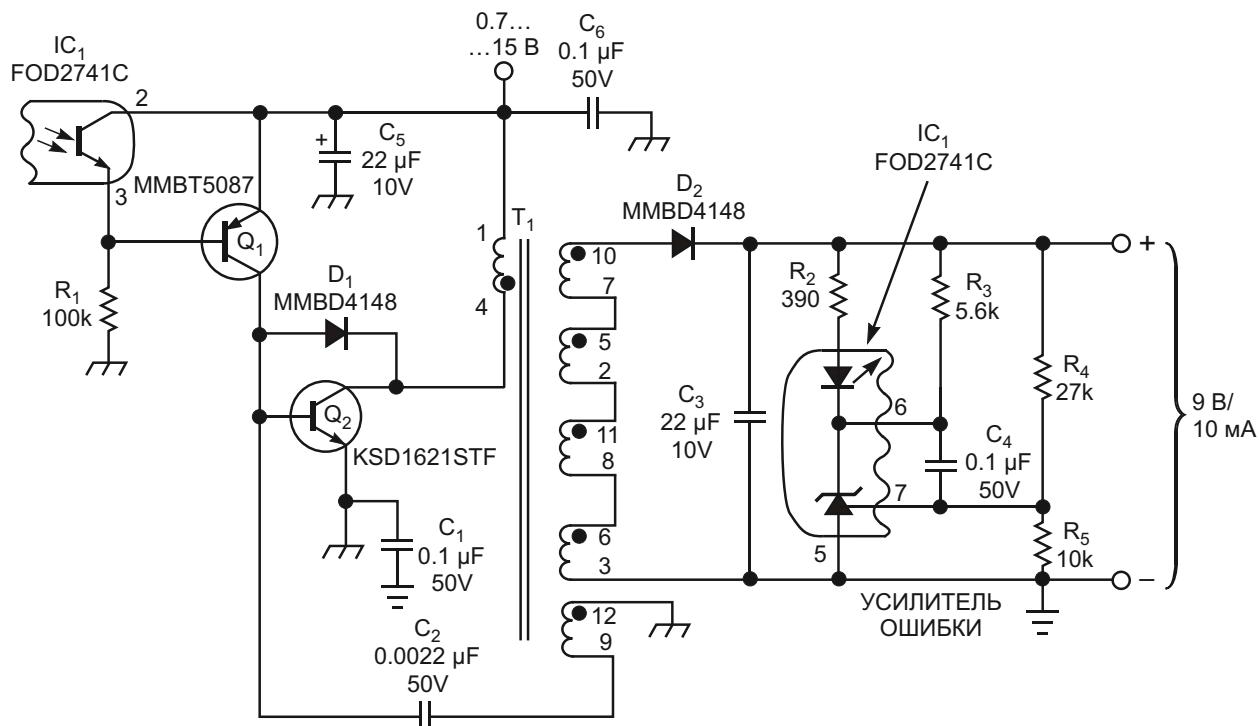


Richard Dunipace

EDN

**Н**едорогие модули цифровых вольтметров экономичны, и могут существенно сократить время разработки измерительных приложений. Однако с этими модулями связано значительное количество конструкторских проблем. В частности, их входы не изолированы от источника питания, и вам понадобится создавать собственный изолированный

источник. На решение этой задачи требуются и время, и деньги. Кроме того, для питания устройств, в которые встраиваются модули, может использоваться различное количество элементов – обычно от одного до четырех, в то время как самому модулю требуется 9 В. При эксплуатации батарей до состояния глубокого разряда это соответствует интервалу



**Рисунок 1.** Этот изолированный обратноходовой преобразователь обеспечивает питанием модуль цифрового вольтметра при входном напряжении от 0.7 до 15 В.

напряжений от 0.7 до 6 В. Такой широкий диапазон напряжений означает, что вам потребуется стабилизированный источник.

Источник питания цифрового вольтметра содержит небольшое количество компонентов, и вы можете собрать его из доступных деталей. Если же заменить кремниевые транзисторы германиевыми, нижнюю границу входных напряжений можно снизить до 0.25 В. Германиевые транзисторы, однако, сравнительно дороги, поэтому используйте их лишь в том случае, когда это действительно необходимо для вашего приложения.

Показанная на Рисунке 1 схема источника питания представляет собой блокинг-генератор, работающий как обратноходовой преобразователь с фиксированным временем включенного и регулируемым временем выключенного состояния. Время выключенного состояния определяет, насколько часто трансформатор заряжается и передает мощность в нагрузку. Блокинг-генератор состоит из NPN транзистора Q<sub>2</sub>, трансформатора T<sub>1</sub> и

конденсатора C<sub>2</sub>. Регулируемая цепью обратной связи проводимость PNP транзистора Q<sub>1</sub> через конденсатор C<sub>2</sub> управляет временем выключенного состояния генератора. Во время обратного хода преобразователя трансформатор через диод D<sub>2</sub> передает энергию в накопительный конденсатор C<sub>3</sub>. Напряжение на конденсаторе C<sub>3</sub> отслеживается усилителем ошибки на оптоизолятore IC<sub>1</sub>. После того, когда напряжение на делителе превысит 2.5 В, по мере дальнейшего роста напряжения проводимость оптоизолятора увеличивается, а проводимость транзистора Q<sub>1</sub>, соответственно, уменьшается, в результате чего уменьшается и время передачи мощности в следующем цикле.[РЛ](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet Fairchild FOD2741C](#)
2. [Datasheet Fairchild KSD1621STF](#)
3. [Datasheet Fairchild MMBT5087](#)



# 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  
популяризовать -  
**приглашаем к сотрудничеству!**