

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Декабрь 2013 (31)

19 Электрические схемы можно печатать на обычном струйном принтере

22 Печатаем платы прямо на своем столе: на Kickstarter запущен проект настольного принтера

Устойчивость тиристора к dV/dt можно значительно повысить

43

Истинно дифференциальный операционный усилитель, сделанный из логических инверторов

57

ПЕЧАТАЕМ ПЛАТЫ НА ПРИНТЕРЕ

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

ОКО Мобайл 3G

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



ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ "ОКО АРХИВ"

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

ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet
сменный жесткий диск

ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet
встроенный жесткий диск

ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



"Децима"

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

О. Иванов
В. Колесник
В. Копать
И. Краснолобов
С. Муратчаев
А. Николаев
Н. Радунцева
М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

Оформление бесплатной подписки:
www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 Ультра маломощные схемы изменяют подход к разработке устройств сбора энергии
- 5 u-blox создала самый миниатюрный в отрасли автономный модуль глобального позиционирования
- 6 Vishay представляет новую приемную катушку для беспроводных зарядных устройств с напряжением 7 В
- 7 Freescale представляет надежные, высокоскоростные приемопередатчики CAN для промышленных и автомобильных приложений
- 8 Новые прецизионные сборки MOSFET компании ALD работают при напряжении питания менее 100 мВ
- 9 Honeywell запускает производство комбинированных датчиков HumidCon
- 10 «Невероятная АТС» для RasPBX
- 11 Silicon Labs завершает серию интеллектуальных интерфейсов мостом USB-SPI
- 12 Предложенная TI архитектура плавающих ключей изменит схемотехнику автономных драйверов светодиодов
- 14 Abraco начал производство низкопрофильных многослойных керамических антенн серии AMCA
- 14 Micrel представляет новый высокопроизводительный DC-DC преобразователь 18 В/3 А в корпусе 3 x 3 мм
- 15 Measurement Specialties запустила в производство изолированный от окружающей среды датчик давления с цифровым выходом
- 16 Новая микросхема для сбора энергии окружающей среды от STMicroelectronics расширяет возможности устройств с безбатарейным питанием
- 17 Новые чип резисторы компании Ohmite работают при напряжении 3000 В

Статьи

- 19 Электрические схемы можно печатать на обычном струйном принтере
- 22 Печатаем платы прямо на своем столе: на Kickstarter запущен проект настольного принтера
- 25 Подводные кабели несут энергию ветра людям
- 30 ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Джон Непер: изобретатель логарифмов на первое место ставил религию
- 33 Технологии корпусирования микросхем: итоги 30-летнего развития
- 38 Использование SD-карт в малых встраиваемых системах. Часть 2

Схемы

- 43 Устойчивость тиристора к dV/dt можно значительно повысить
- 45 Транзисторная схема отключения нагрузки для микроконтроллеров
- 48 Синхронные понижающие преобразователи 42 В/2.5 А с током потребления 2.5 мА
- 51 Как получить чистую синусоиду из модифицированной. Часть 2
- 57 Истинно дифференциальный операционный усилитель, сделанный из логических инверторов
- 60 Улучшение эксплуатационных характеристик ПГС-10

Ультра маломощные схемы изменяют подход к разработке устройств сбора энергии

Новые устройства TI для сбора энергии и понижающие преобразователи напряжения извлекают ничтожно малые порции энергии от световых, тепловых и вибрационных источников

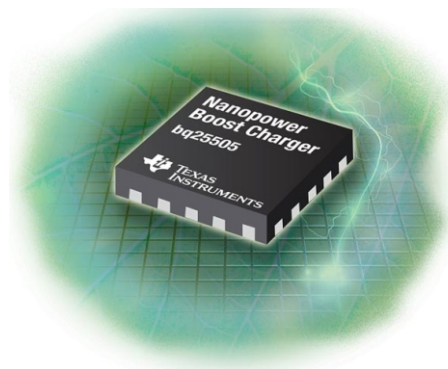
Texas Instruments представила первые пять микросхем нового поколения, предназначенных для эффективного управления извлечением и преобразованием световой, тепловой или механической энергии в микро- и милливаттном диапазонах. bq25570, bq25505, TPS62740, TPS62737 и TPS62736 работают при наиболее низких в отрасли уровнях тока потребления в активном режиме и обеспечивают безбатарейное питание сетей беспроводных датчиков, систем мониторинга, носимых медицинских устройств, аксессуаров для мобильных устройств и прочих приложений с ограниченным доступом к источникам энергии.



Сбор nano энергии

Новая повышающая микросхема зарядного устройства со встроенным понижающим преобразователем потребляет микроскопический ток 488 нА и достигает 90% КПД при выходных токах менее 10 мкА, сохраняя высокую эффективность даже при ничтожном количестве доступной энергии. Устройство отслеживает точку максимальной мощности (MPPT) для извлечения и преобразования энергии от фотогальванических ячеек и термоэлектрических генераторов и поддерживает любые накопители энергии, включая литий-ионные аккумуляторы, тонкопленочные батареи, ионисторы и обычные конденсаторы. В течение длительных периодов хранения подача питания на bq25570 может быть отключена при помощи функции «ship mode», снижающей потребление до уровня менее 5 нА.

Микросхема повышающего зарядного устройства bq25505 похожа на bq25570, но имеет еще меньший ток потребления в активном состоянии – 325 нА. bq25505 отличается уникальным драйвером затвора с автономным мультиплексированием питания, делающим возможным бесперебойное переключение системы между источниками внешней энергии и резервной батареей, гарантируя поступление постоянной мощности даже тогда, когда система должна работать при неактивном устройстве сбора энергии.



Преобразователи постоянного тока с ультранизким потреблением

В дополнение к микросхемам управления батарейным питанием TI представила понижающий преобразователь TPS62740 – самый малогабаритный и экономичный среди устройств, предназначенных для выходных токов до 300 мА. Прибор потребляет 360 нА в активном режиме и 70 нА в режиме ожидания, а его КПД превышает 90% даже при токе 10 мкА. Законченное устройство на этой микросхеме займет всего 31 мм² площади печатной платы. В преобразователе реализована функция программирования выходного напряжения и функционал DCS-Control, предназначенный для питания ультра маломощных микроконтроллеров TI, например, из семейства MSP430FR59xx, а также маломощных решений Bluetooth, таких, как беспроводные МК SimpleLink CC2541. Для экономии энергии в TPS62740

интегрирован коммутатор нагрузки, отключающий не используемые постоянно компоненты, такие как светодиоды или датчики.

Для более слабых устройств TI предлагает новые преобразователи TPS62737 с выходным током 200 мА и TPS62736, рассчитанные на ток до 50 мА. Приборы имеют ультра низкий ток потребления 370 нА в активном режиме и 15 нА в режиме сна, в то время как их КПД достигает 90% при выходных токах менее 15 мкА.

Для разработчиков устройств сбора энергии

Как ведущий производитель микросхем управления питанием и микроконтроллеров, своими инновационными продуктами TI поднимает на новый уровень схемотехнику устройств извлечения энергии окружающей среды, обеспечивая им высочайший КПД и наименьшие потери мощности. В 2011 г. TI представила микросхему повышающего пре-

образователя напряжения для зарядных устройств bq25504 с током потребления всего 330 нА. TI также предлагает повышающие и понижающие преобразователи и микросхемы зарядных устройств для аккумуляторов, отвечающие всем требованиям, предъявляемым к компонентам для маломощных низковольтных систем.

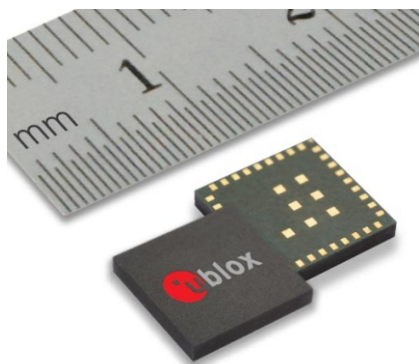
Доступность и стоимость

Все продукты поставляются в промышленных объемах и доступны через всемирную дистрибьюторскую сеть TI. bq25570 и bq25505 выпускаются в корпусах QFN размером 3.5 x 3.5 мм и стоят \$3.20 и \$2.40, соответственно, для партий от 1000 штук. TPS62740 поставляется в корпусе SON 2 x 3 мм и стоит \$1.10 при заказе от 1000 штук. TPS62737 и TPS62736 доступны в корпусах QFN 3.5 x 3.5 мм при цене \$1.00 и \$0.80, соответственно, для партий от 1000 штук.

u-blox создала самый миниатюрный в отрасли автономный модуль глобального позиционирования

Для высокоинтегрированного модуля глобального позиционирования, поддерживающего системы GPS, GLONASS и QZSS, требуется только антенна

Швейцарская компания u-blox объявила о выпуске самого миниатюрного в отрасли автономного модуля для приема и обработки сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).



Недорогой и компактный модуль EVA-7M в корпусе LGA с размерами 7 x 7 x 1.1 мм содержит все необходимые компоненты, включая кварцевый резонатор и пассивные элементы. Для того чтобы начать пользоваться услугами глобального позиционирования необходимо добавить только антенну.

Модуль поддерживает американскую систему GPS, российскую ГЛОНАСС, японскую QZSS, плюс все спутниковые системы дифференциальной коррекции. Чувствительность модуля ГНСС, архитектура которого основана на новейшей технологии u-blox 7, достигает -160 дБм при приеме сигналов спутников GPS и -158 дБм для сигналов ГЛОНАСС. EVA-7M отличается высокой скоростью обнаружения и малым током потребления, сниженным благодаря инновационному высокоэффективному преобразователю напряжения до самого низкого уровня среди всех модулей семейства u-blox 7 – 16.5 мА при напряжении питания 3 В.

Для того чтобы максимально упростить интеграцию EVA-7M в конечное изделие разработчики отделили высокочастотные узлы от цифровых, расположив выводы с разных сторон модуля. В отличие от других приемников ГНСС, предлагаемых на сегодняшнем рынке, EVA-7M полностью автономен и определяет координаты без использования ресурсов внешнего хост процессора или

дополнительных ВЧ компонентов. При разработке прибора ставилась, и была решена, задача сокращения количества и цены элементов конечной системы до абсолютного минимума.

«EVA-7M поднимает на новый уровень встраиваемые системы спутникового позиционирования. Главной задачей разработчиков модуля являлась простота его использования. Удобный, похожий на QFN, корпус прибора с четырехсторонним расположением выводов и высоким уровнем интеграции компонентов делает EVA-7M идеальным решением для производственных программ среднего и большого объема. Модуль гарантирует высокий производственный выход конечных изделий, что особенно существенно для

чувствительных к стоимости потребительских изделий массового выпуска», – сказал Томас Нигг (Thomas Nigg), вице-президент u-blox по маркетингу товаров.

Для обмена с хост процессором предусмотрены интерфейсы UART, USB, SPI и I²C. Кроме того, для поддержки дополнительных приложений слежения и определения местоположения EVA-7M может непосредственно подключаться к производимым u-blox сотовым модулям SARA 2G, LISA 3G и TOBYLTE.

Модули могут использоваться в любых потребительских, промышленных и автомобильных системах. Первые приборы будут доступны в начале 2014 года.

Vishay представляет новую приемную катушку для беспроводных зарядных устройств с напряжением 7 В

Новая приемная катушка для беспроводных зарядных устройств работает как с позиционирующим магнитом, так и без него, выполняет функцию эффективного экрана с высокой магнитной проницаемостью и имеет КПД более 75%

Vishay Intertechnology объявила о выпуске новой приемной катушки с основанием из карбонильного железа, оптимизированной для использования в беспроводных зарядных устройствах, как с центрирующими магнитами, так и без них. Устройства отвечают стандартам Консорциума беспроводной магнитной энергии (Wireless Power Consortium). Надежная конструкция новой катушки IWAS-4832EC-50 с экраном из материала с высокой магнитной проницаемостью обеспечивает превышающий 75% КПД для беспроводных зарядных устройств портативной электроники с напряжением 7 В.



Катушка приемника от Vishay Dale была создана для современного комплекта разработки беспроводного передатчика энергии. Благодаря увеличенному порогу насыщения

IWAS-4832EC-50 не подвержена влиянию постоянных позиционирующих магнитов и может использоваться в базовых станциях и приемниках с увеличенным рабочим напряжением, блокируя прохождение магнитного потока к чувствительным компонентам или батареям.

В отличие от решений, основанных на использовании ферритов, которые могут входить в насыщение в присутствии сильных магнитных полей, IWAS-4832EC-50 достигает магнитного насыщения в 50% при индукции в 4000 Гс. Катушки удовлетворяют требованиям директивы RoHS, имеют индуктивность 16.2 мкГн $\pm 5\%$ на частоте 200 кГц, сопротивление постоянному току 366 мОм при +25 °С и добротность на частоте 200 кГц не менее 30. Катушки снабжены гибкими выводами длиной 50 мм с концами, облуженными на длину 10 мм.

Предлагаются образцы для апробирования катушек. Промышленные объемы IWAS-4832EC-50 доступны уже сейчас и отгружаются через 6 недель после подтверждения заказа.

Freescalе представляет надежные, высокоскоростные приемопередатчики CAN для промышленных и автомобильных приложений

Устройства имеют ультранизкий ток покоя и без внешнего фильтра отвечают строгим требованиям электромагнитной совместимости

Чтобы облегчить производителям и разработчикам соблюдение жестких требований, предъявляемых к безопасности промышленных и автомобильных приложений, компания Freescale Semiconductor разработала семейство высокоскоростных и надежных приемопередатчиков CAN.



Электромагнитная совместимость (ЭМС) и защита от электростатического разряда (ESD) являются важнейшими требованиями в промышленных и автомобильных средах из-за близкого расположения объединенных в сети разнотипных электронных систем и устройств. Созданные Freescale высокоскоростные трансиверы физического уровня CAN MC33901 и MC34901 обеспечивают превосходный уровень электромагнитной совместимости (ЭМС) и высокую устойчивость к электростатическим разрядам без использования внешних компонентов, снижая общую стоимость системы. Также они имеют функции предупреждения неисправностей, увеличивающие общую безопасность систем и исключительно низкий ток покоя до 8 мкА.

Микросхемы MC33901 и MC34901 преобразуют цифровую информацию в сигналы протокола CAN, как для автомобильных сетей, так и для протяженных сетей промышленных систем. Устройства идеально подходят для широкого спектра приложений, включая и такие ответственные, как контроллеры двигателей, промышленная автоматика и роботы, электронные системы автомобилей, железнодорожные и информационные системы. Обе микросхемы удовлетворяют тре-

бованиям протокола CAN FD (ISO 11898-1), обеспечивая скорость передачи данных до 2 Мбит/с.

Технические характеристики и особенности:

- Без дополнительного фильтра превосходят строгие требования стандартов ЭМС и ESD (± 6 кВ ESD, >36 дБм DPI)
- Ток покоя в энергосберегающем режиме до 8 мкА
- Поддержка удаленных CAN-узлов в промышленных приложениях
- Низкий уровень собственных излучений в совокупности с оптимизированными параметрами ЭМС
- Расположение выводов соответствует промышленным стандартам
- Входы и выходы с автоопределением уровней 5 В и 3.3 В
- Варианты продукции:
 - Для автомобильных приложений: встроенная функция «Tx Dominant Timeout» – таймаут отправки доминантного бита (MC33901)
 - Для промышленных приложений: встроенная поддержка для протяженных сетей и низких скоростей передачи данных (MC34901)

Средства поддержки разработки и доступность

Большинство аналоговых продуктов Freescale отвечает важным требованиям промышленного рынка, в том числе работоспособность в расширенных температурных диапазонах. Эти продукты разработаны и изготовлены под строгим технологическим контролем и квалифицируются по стандартным промышленным методикам, направленным на снижение количества отказов в соответствии с жесткими требованиями автомобильного рынка. Устройства MC33901 и MC34901, в дополнение к большинству аналоговых продуктов для промышленных применений компании Freescale, включены в

программу «Freescale's product longevity», которая обеспечивает гарантию поставок в течение как минимум 10 или 15 лет с момента

запуска. Поступление MC33901 и MC34901 в продажу планируется во 2 квартале 2014 года.

Новые прецизионные сборки MOSFET компании ALD работают при напряжении питания менее 100 мВ

MOSFET EPAD следующего поколения расширяют диапазон рабочих режимов оборудования с низким напряжением питания

Advanced Linear Devices (ALD) анонсировала выпуск первых в отрасли малосигнальных прецизионных согласованныхборок MOSFET с независимыми выводами управления каждым из четырех транзисторов, размещенных в одном корпусе. Эти инновационные приборы откроют новые возможности создателям следующих поколений устройств сбора энергии и маломощных мобильных устройств.

Прецизионные сборки N-канальных MOSFET ALD210800A/ALD210800 с нулевым напряжением порога устанавливают новые отраслевые стандарты проходной и выходной проводимости. Изготавливаемые по разработанной ALD КМОП технологии EPAD, сборки позволят конструкторам создавать схемы с ультранизкими, никогда ранее не доступными напряжениями питания.

Следующие уникальные особенности приборов могут изменить традиционные правила игры для схемотехников:

- Пороговое напряжение затвора $V_{GS(TH)}$ с высокой точностью установлено на уровне $0.00\text{ В} \pm 0.01\text{ В}$
- Типовое рассогласование пороговых напряжений 2 мВ, максимальное – 10 мВ
- Работа в подпороговых и нановаттных режимах
- Параметры, открывающие революционные возможности:
 - Минимальное рабочее напряжение ниже 100 мВ
 - Минимальный рабочий ток ниже 1 нА
 - Минимальная рабочая мощность менее 1 нВт

Влияние на схемотехнику

Независимое управление каждым транзистором прибора изменит подход к разра-

ботке схем благодаря возможности индивидуальной установки входных и выходных характеристик.

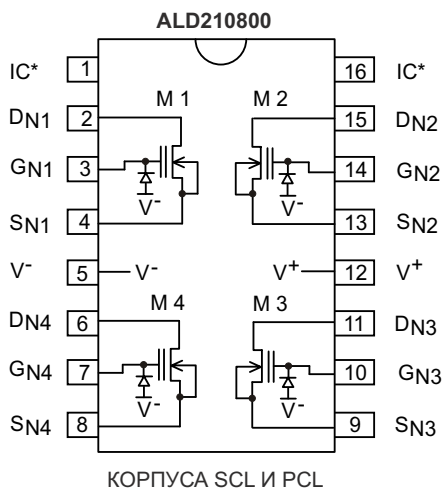


Прецизионные сборки N-канальных MOSFET ALD210800A/ALD210800 дадут разработчикам возможность сократить количество аккумуляторов, необходимых для их мобильных устройств. Уникальная гибкость новых устройств позволит повысить энергоэффективность медицинских приборов, улучшить качество звучания головных телефонов премиум-класса и потребительских устройств, расширить рабочий диапазон устройств сбора энергии, повысить чувствительность сенсорных матриц и поднять на новый уровень качества еще множество низковольтных микромощных приложений.

Конструкторы, использующие сборки ALD210800A/ALD210800, смогут создавать многокаскадные схемы, работающие при экстремально низких напряжениях питания и смещения. Теперь появляется возможность построить нановаттный входной каскад усилителя, работающий при напряжении питания менее 0.2 В, – это новый рекорд отрасли.

Технологические особенности

Новые сборки ALD210800A/ALD210800, фактически, на новом качественном уровне продолжают линейку согласованных пар MOSFET ALD110800A/ALD110800 – первых в отрасли приборов с нулевым напряжением



порога, предназначенных для создания устройств с ультра низким напряжением питания. Первостепенное внимание разработчики транзисторов уделяли согласованию характеристик MOSFET. В результате были созданы приборы с исключительно точным пороговым напряжением затвора $0.00 \text{ В} \pm 0.01 \text{ В}$, током стока $+10 \text{ мкА}$ при напряжении сток-исток 0.1 В и типовым напряжением смещения $\pm 1 \text{ мВ}$.

Кроме того, транзисторы ALD210800A /ALD210800 могут использоваться в качестве универсальных элементов самых различных

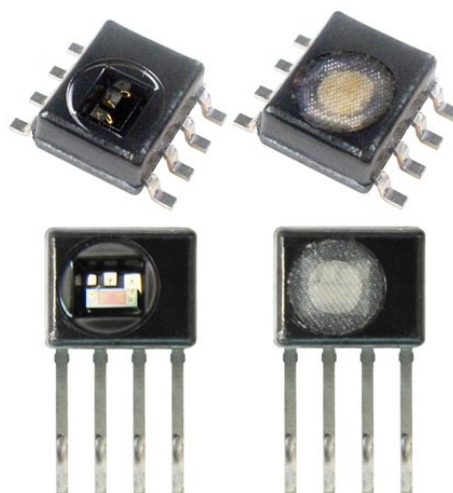
аналоговых узлов, таких, как токовые зеркала, схемы согласования, источники тока, входные каскады дифференциальных усилителей, передаточные логические элементы и мультиплексоры. Приоритетными областями применения приборов могут быть также приложения с ограниченным рабочим напряжением, например, фиксаторы уровней очень малых напряжений и постоянно включенные схемы с нановаттным потреблением мощности.

Характеристики каждого отдельного MOSFET строго контролируются в процессе изготовления, что позволяет гарантировать идентичность параметров даже для приборов из разных производственных партий. Приборы, создававшиеся с акцентом на минимизацию напряжения смещения и чувствительности к температуре, могут использоваться в усилительных и переключательных схемах с напряжением питания от $+0.1 \text{ В}$ до $+10 \text{ В}$ (от ± 0.05 до $\pm 5 \text{ В}$), требующих низких токов смещения, малых входных емкостей и высоких скоростей переключения. Транзисторы сборок работают в режиме обогащения при $V_{GS} > 0.00 \text{ В}$ и в обедненном режиме при $V_{GS} < 0.00 \text{ В}$.

Honeywell запускает производство комбинированных датчиков HumidIcon

Приборы, объединяющие датчики температуры и влажности, сокращают стоимость и время выхода на рынок конечного продукта и обеспечивают лучшие в отрасли эксплуатационные характеристики

Honeywell объявила о начале продаж новых серий приборов семейства HumidIcon, объединяющих в себе датчики относительной влажности (RH) с цифровым выходом и датчики температуры. Ориентированные, в первую очередь, на применение в медицинских и промышленных приборах, а также в системах отопления и вентиляции, датчики серий 6000, 7000, 8000 и 9000 отличаются лучшей в отрасли долговременной точностью, стабильностью и надежностью. Полностью термокомпенсированные датчики имеют цифровые выходы I²C или SPI. С датчиками HumidIcon разработчики получают эффективное по затратам решение, сокращающее



время разработки продукта и вывода его на рынок, а также позволяющее уменьшить требуемую площадь печатной платы.

Подтвержденная испытаниями точность датчиков HumidIcon исключает необходимость индивидуальной проверки и калибровки благодаря отсутствию производственного разброса, что сокращает цикл изготовления. Лучшая в отрасли долговременная стабильность увеличивает время безотказной работы и позволяет отказаться от сервисного обслуживания или замены датчиков в процессе эксплуатации, а также делает ненужной регулярную перекалибровку датчика внутри устройства, которая может быть и неудобной, и дорогостоящей. Конкурирующим датчикам влажности для коррекции после пайки на плату необходима 12-часовая регидратация при относительной влажности 75% (для чего требуются специально оборудованные камеры). Датчикам Honeywell достаточно пяти часов в нормальных условиях окружающей среды (относительная влажность выше 50%).

Термокомпенсированные цифровые выходы I²C или SPI дают потребителю возможность убрать с платы элементы цепей преобразования сигнала, чтобы освободить больше места и сократить расходы на приобрете-

ние, учет и монтаж компонентов. Кроме того, цифровые выходы часто позволяют избежать проблем, которые могут возникнуть при использовании на одной плате большого количества компонентов для преобразования сигналов, а также избавляют потребителя от необходимости разработки собственных сложных программ для управляющего микроконтроллера.

Датчики HumidIcon 6000, 7000, 8000 и 9000 предоставляют потребителю возможность выбора типа корпуса (4-выводной SIP или SOIC-8 для поверхностного монтажа), наличия или отсутствия гидрофобного фильтра, стандарта выходной шины (I²C или SPI) и вида упаковки (лента в коробке, лента на бобине, или образцы на ленте).

«Линейка HumidIcon обеспечивает самую низкую общую стоимость решения за счет комбинации в приборе лучших в отрасли датчиков влажности и температуры, – заявила Жаклин Лефф (Jacqueline Leff), старший менеджер по глобальному маркетингу компании Honeywell. – Они обеспечивают температурную компенсацию измерений относительного давления, а также предоставляют второй отдельный выход температурного датчика, давая потребителю возможность купить один датчик вместо двух».

«Невероятная АТС» для RasPBX

Благодаря напряженной работе и большим усилиям Уорда Манди (Ward Mundy), сегодня пользователи RasPBX получили еще одну опцию: комплексный пакет приложений Incredible PBX, который устанавливается поверх RasPBX. Incredible PBX был известен в течение многих лет на платформах x86, а также с середины 2012 года имеет свою версию для Raspberry Pi.

Теперь, с выходом новой программы установки, получили набор преимуществ как пользователи RasPBX, так и Incredible PBX:

- Поддержка аппаратных платформ Raspberry Pi и Beaglebone Black
- Обновленные и исправленные надстройки безопасности RasPBX
- Приложения Incredible PBX устанавливаются поверх Asterisk и FreePBX



В двух словах о некоторых из дополнительных приложений:

- Предварительно сконфигурированные линии VoIP
- Движок синтезатора речи (TTS) FLITE, а также интерфейсы TTS и STT (распознавания речи) от Google
- Бесплатный идентификатор (CallerID Name) входящих вызовов
- Голосовой набор с возможностью STT и быстрого набора
- TTS-трансляция новостных сообщений и погоды с новостных каналов Yahoo

- Звонки-напоминания и «утренние звонки» типа Hotel-Style
- SMS сообщения
- База знаний Wolfram Alpha
- Универсальная база данных контактов AsteriDex
- и многое другое.

Инструкции по установке и другие подробности можно найти на сайте nerdvittles.com.

Имейте в виду, что установщик Incredible PBX уничтожит все настройки FreePBX, и поэтому не будет больше работать на существующих установках (если вы не против удаления всех настроек). Иначе, перед запуском программы установки замените текущую карту SD картой с новой копией RasPBX.



Silicon Labs завершает серию интеллектуальных интерфейсов мостом USB-SPI

Используя однокристалльный контроллер моста CP2130, подключиться к USB можно быстрее, проще и дешевле

Silicon Labs представила высокоэффективный контроллер моста, позволяющий создать законченное решение для связи универсальной последовательной шины (USB) с шиной последовательного периферийного интерфейса (SPI), поддерживающее драйверы операционных систем Windows, OS X и Linux. Новый контроллер моста CP2130 имеет лучшую в отрасли пропускную способность, исключительную конфигурируемость и высокий уровень интеграции разнотипных узлов в миниатюрном корпусе размером 4 x 4 мм. CP2130 найдет применение как в новых разработках, так и при расширении функциональных возможностей уже существующих изделий широкого диапазона встраиваемых приложений, включая планшеты, ручные контроллеры и тестеры, глюкометры, док-станции, кассовые узлы, регистраторы данных и картридеры.

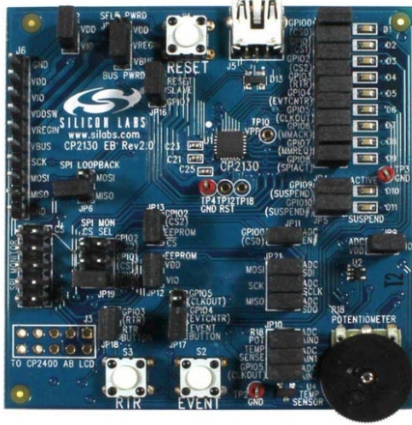


С быстрым распространением USB в мире встроенных систем разработчики ищут экономически эффективные решения, которые помогли бы ускорить продвижение их продуктов на рынок, и именно с этой целью Silicon

Labs разработала семейство мостов CP21xx. Контроллер моста CP2130 позволяет разработчикам добавлять в свои приложения функциональность USB, не требуя от них глубоких знаний в разработке программного обеспечения, прошивке микроконтроллеров или создании специальных схем – всего того, с чем обычно сталкивается конструктор при использовании более сложных альтернатив. С выпуском микросхемы CP2130 Silicon Labs закончила формирование функционально полного семейства популярных интеллектуальных интерфейсов CP21xx, добавив SPI к перечню USB-UART, I²C/SMBus и I²S.

Благодаря высокому уровню интеграции многочисленных функций на кристалле CP2130 для работы микросхемы не требуются внешние элементы, что снижает стоимость компонентов, и площадь, занимаемую ими на печатной плате. CP2130 содержит полноскоростной контроллер USB 2.0 с приемопередатчиком, контроллер последовательного периферийного интерфейса, позволяющий обмениваться информацией с ведомыми устройствами SPI, подключенными к шинам питания с напряжением от 1.8 В, и 348 байт программируемой памяти. Для синхронизации обмена по USB не требуется внешний кварцевый резонатор. Микросхема имеет внутренний стабилизатор напряжения 5 В с выходным током до 100 мА.





Гибкий и универсальный конфигурируемый контроллер CP2130 может обмениваться информацией с ведомыми устройствами SPI, число которых при использовании для управления выбором кристалла всех одиннадцати входов/выходов общего назначения

может достигать 11. Эти же выводы могут быть настроены для выполнения альтернативных функций, чтобы сократить количество внешних схем и компонентов. На сегодня CP2130 является самым быстрым полноскоростным USB мостом на рынке, работающим на скорости до 6.6 Мбит/с при чтении и до 5.8 Мбит/с при выводе данных.

Доступность и цена

Потребителям предлагаются как образцы, так и промышленные партии мостов CP2130, выпускаемых в 24-выводных корпусах QFN размером 4 x 4 мм. При объеме заказа 10,000 микросхем каждый прибор будет стоить \$1.23. Кроме того, за \$20 можно приобрести демонстрационный набор CP2130ЕК, который позволит разработчику полностью изучить контроллер и адаптировать его под свою задачу.

Предложенная TI архитектура плавающих ключей изменит схемотехнику автономных драйверов светодиодов

Переключаемая переменным напряжением матрица транзисторных ключей заменяет обратноходовые, повышающие и понижающие преобразователи

Texas Instruments (TI) представила первую в отрасли микросхему на основе архитектуры плавающих ключей, которая позволит существенно упростить схемотехнику автономных линейных драйверов для светодиодных осветительных приборов. Разработанная TI и воплощенная в микросхеме TPS92411 инновационная технология переключаемой переменным напряжением матрицы MOSFET станет средством создания безиндукционных драйверов светодиодов с очень низким уровнем пульсаций. Архитектура обеспечивает безупречную совместимость с существующими настенными регуляторами яркости при высоком коэффициенте мощности и низком уровне общих гармонических искажений.

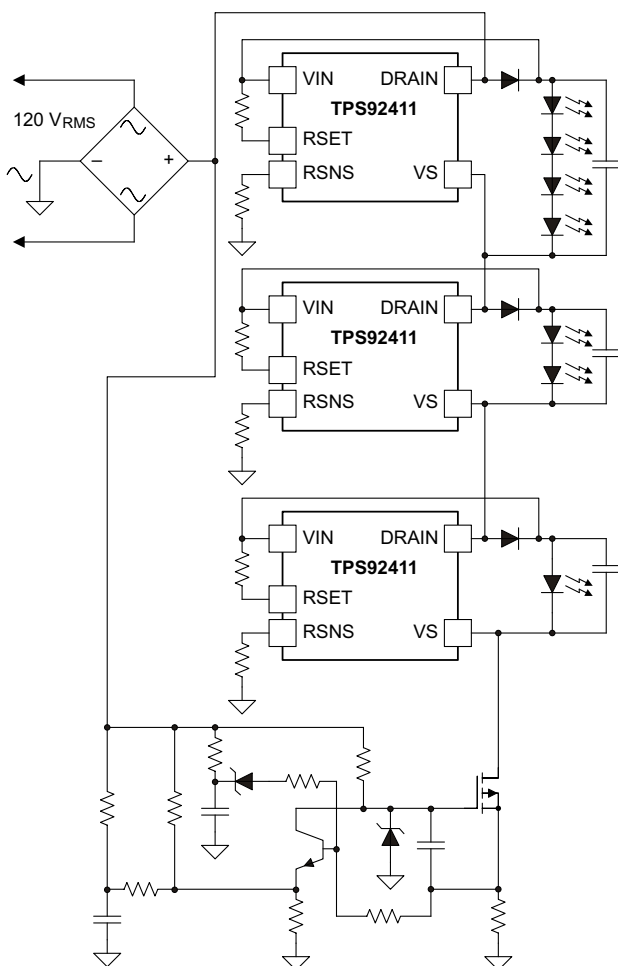
В современных светодиодных лампах используются обратноходовые, повышающие и понижающие преобразователи напряжения. Независимо от топологии, схемы работают на высоких частотах и нуждаются в индуктивных компонентах для преобразования переменного сетевого тока в необходимый для питания светодиодов постоянный ток. Выбор индуктивностей и трансформаторов для преобразования энергии весьма сложен, и зачастую требует использования дорогих заказных компонентов. Кроме того, для защиты окружающего электронного оборудования от электромагнитных помех потребуются фильтры, вследствие чего к схеме добавится от четырех до десяти пассивных компонентов. В случае необходимости фазового регулирования яркости оптимизация совместимости и устранение мерцания светодиодов могут потребовать многократных итераций при разработке схемы.

Floating switch architecture simplifies offline LED drive

Replaces flyback/buck/boost converters in lamps and downlights

- Low-cost: requires no inductive components
- Low current ripple
- PF > 0.95
- THD < 15%
- Phase-dimmable

TEXAS INSTRUMENTS



Упрощенная схема включения TPS92411

Все эти проблемы решает реализованная в TPS92411 архитектура плавающих ключей. Микросхеме не потребуются индуктивные компоненты, стоимость и объем конструкции станут меньше, а разработка – проще.

Ключевые особенности и преимущества TPS92411

- Плавающие 100-вольтовые MOSFET с сопротивлением открытого канала 2 Ом способны коммутировать токи 350 мА.
- Качество управления светодиодами, сопоставимое с традиционными обратноточными, повышающими и понижающими преобразователями
- Коэффициент мощности лучше 95%.
- Уровень общих гармонических искажений менее 15%.
- Низкие пульсации тока увеличивают эффективность использования светодиодов по сравнению с «секционированными» линейными драйверами.
- Очень незначительный уровень электромагнитных помех, обусловленный низкой

рабочей частотой и управляемой скоростью нарастания фронтов переключающих импульсов.

- В отличие от конструкций, основанных на традиционных преобразователях, архитектура плавающих ключей рассчитана на дешевые решения без использования индуктивных компонентов.
- Одинаково хорошо работает с настенными симисторными регуляторами яркости с отсечкой фазы как по переднему, так и по заднему фронту.
- Может использоваться в источниках света мощностью до 70 Вт.

Средства разработки

Для ускорения освоения новых приборов TI подготовила демонстрационную плату TPS92411EVM-001, позволяющую создать диммируемый источник питания для светодиодов суммарной мощностью 12 Вт при входном напряжении 120 В AC. 14 светодиодов и схема драйвера смонтированы на печатной плате с металлическим основанием. Коэффициент мощности драйвера превышает 0.95. Плата доступна для приобретения по цене \$75.



Демонстрационная плата TPS92411EVM-001 для прямого линейного управления светодиодами от сети 120 ВАС

Доступность, корпус, цена

Микросхема TPS92411 в 5-выводном корпусе SOT-23 уже выпускается серийно и может быть приобретена у TI или ее авторизованных дистрибьюторов по цене \$0.23 за штуку в партиях из 1000 приборов. В первом квартале 2014 года начнутся поставки микросхем в 8-выводных корпусах PowerPad SOIC.

Абрасон начала производство низкопрофильных многослойных керамических антенн серии AMCA

Компания Abrason объявила о начале производства нового семейства ЧИП антенн серий AMCA31, AMCA52, AMCA62, AMCA72, AMCA81 и AMCA92.



«Развивая свою линейку высокотехнологичных продуктов, Abrason создала ряд многослойных керамических корпусированных антенн с размерами 3.2 1.6 мм, 5.2 2.1 мм, 6.0 2.0 мм, 7.0 2.0 мм, 8.0 1.0 мм и 9.0 2.0 мм», – объясняет Дин Кларк (Dean Clark), один из руководителей старшего звена Abrason. – «Изготовители, разрабатывающие беспроводное оборудование для диапазона 2275 ... 3110 МГц, получают изделия, в которых сочетаются дешевизна, низкий профиль и отличные технические характеристики», – продолжил Кларк.

ЧИП антенны серии AMCA имеют пиковые коэффициенты усиления от +3 дБи до 0.5 дБи и полосу пропускания, в зависимости от размера, от 90 МГц до 200 МГц. Использо-

вание многослойной технологии позволило сконструировать исключительно низкопрофильные антенны (1.0...1.2 мм), которые легко разместятся в самом ограниченном пространстве. Разнообразие типоразмеров предоставляет разработчикам возможность гибкого выбора требуемых характеристик усиления и направленности.

Разработанные устройства AMCA предназначены для ISM диапазонов, для WiFi, Bluetooth и Zigbee 2.4 ГГц, для китайского стандарта CMMB (2635 ... 2660 МГц) и других стандартов, используемых в беспроводных сетях.

Антенны AMCA также покрывают часть используемых во всем мире полос WiMax (IEEE-802.16), расположенных между 2 и 11 ГГц для WiMax с фиксированным доступом, и между 2 и 6 ГГц для WiMax с мобильным доступом, а кроме того, несколько частотных полос LTE TDD.

Во всем диапазоне частот и рабочих режимов КСВ антенн остается меньше 2:1. Антенны имеют импеданс 50 Ом, благодаря чему могут быть легко согласованы с цепями конечного изделия с помощью двух - трех реактивных элементов.

Micrel представляет новый высокопроизводительный DC-DC преобразователь 18 В/3 А в корпусе 3 x 3 мм

Компания Micrel представляет семейство MIC24085 – понижающих DC/DC преобразователей с интегрированным силовым MOSFET, постоянной частотой преобразования и обратной связью по току. MIC24085 оптимизирован для входного напряжения +12 В и обеспечивает гибкие и экономически эффективные решения для систем распределенного питания и приложений связи. Выходное напряжение MIC24085A регулируется в диапазоне 0.9 до 5.В, а MIC24085B/C/D/E/F имеют фиксированные выходные напряжения 1.5, 1.8, 2.5, 3.3 и 5 В, соответственно. MIC24085A-F доступны по цене \$0.53 при объемах партий не менее 1000 штук.



«Разработчики источников питания всегда сталкиваются с проблемой поиска эффективного, гибкого и экономически выгодного решения, имеющего максимальную плотность мощности в минимальном объеме, –

отмечает Брайан Хедаяти (Brian Hedayati), вице-президент по маркетингу высокоэффективных линейных и силовых решений компании Micrel. – Семейство MIC24085 Micrel отвечает на этот вызов, предлагая комплексное решение для токов до 3 А с занимаемой площадью, сокращенной почти на 26% по сравнению с приборами, представленными в настоящее время на рынке. Максимальный КПД MIC24085x превышает 90%, а собственное потребление в режиме отключения составляет менее 10 мкА».

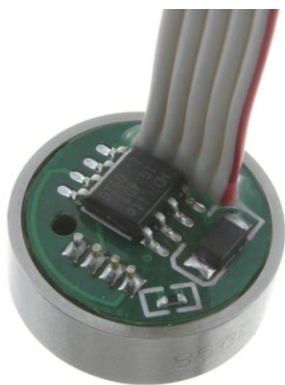
Семейство MIC24085 преобразует входное напряжение от 4.5 до 18 В и отдает ток 3 А при работе на фиксированной частоте 1 МГц. Архитектура с обратной связью по пиковому току обеспечивает быструю переходную

характеристику. При небольшой нагрузке устройство переходит в режим частотно-импульсной модуляции (PFM), что повышает общий КПД.

Множество функций защиты семейства MIC24085 увеличивает общую надежность системы. Эти функции включают в себя блокировку при превышении входного напряжения, внутренний плавный пуск, поцикловое ограничение тока, защиту выхода от перенапряжения и тепловую защиту. Кроме того, микросхемы имеют вход разрешения и выход «Питание в норме». MIC24085x доступны в 16-контактном корпусе MLF 3 × 3 мм с рабочим диапазоном температур от –40 °С до +125 °С.

Measurement Specialties запустила в производство изолированный от окружающей среды датчик давления с цифровым выходом

Measurement Specialties начала производство 14-разрядных датчиков давления с цифровым выходом. В новый кремниевый тензорезистивный датчик 85BSD с диафрагмой диаметром всего 13 мм встроена калиброванная специализированная микросхема. Предназначенный для высокоточного измерения малых давлений прибор имеет изолированную от окружающей среды конструкцию, рассчитанную на сварное или резьбовое присоединение к оборудованию. Для передачи давления от изготавливаемой из нержавеющей стали диафрагмы к чувствительному элементу используется кремнийорганическая жидкость. Это один из первых автономных измерителей давления такого класса на рынке.



85BSD с тыльным расположением безразъемного чувствительного элемента измеряет абсолютное или относительное давление в диапазоне 5 ... 300 фунтов на квадратный дюйм (34.5 ... 2068 кПа), а также температуру. Точность измерений в диапазоне рабочих температур от –40 °С до +125 °С в пределах шкал 10...90% или 5...95% составляет ±0.25% при суммарной погрешности ±1.0%. Преобразованные в цифровую форму результаты измерений выводятся через интерфейсы I²C или SPI. В зависимости от потребностей заказчика, поставляются датчики с напряжением питания 3.3 или 5 В, с обычным или пониженным потреблением мощности, а так же с различными вариантами физического интерфейса: только с контактными площадками, с кабелем, с разъемом и кабелем.

Новый датчик может использоваться в измерителях и регуляторах уровня различных газов и жидкостей, включая агрессивные, для слежения за давлением в герметичных системах и трубопроводах, для измерения барометрического давления и контроля глубины погружения. В случае отсутствия необходимых опций, опытные инженеры Measurement Specialties готовы доработать прибор под конкретные требования заказчика.

Новая микросхема для сбора энергии окружающей среды от STMicroelectronics расширяет возможности устройств с безбатарейным питанием

Высокоэффективный, микропотребляющий сборщик энергии окружающей среды с зарядным устройством повышает гибкость, упрощает конструкцию и расширяет возможности приложений

Сбор энергии окружающего света или тепла для питания небольших электронных устройств, таких как беспроводные сенсоры, промышленное оборудование, контроллеры умного дома, носимые мониторы, устраняет необходимость в проводах и батареях питания, создавая возможности для существования экосистемы Интернета вещей (IoT). В будущем сотни миллионов этих устройств, работающих от небольших количеств собранной из окружающей среды энергии, как ожидается, будут развернуты в офисных зданиях, домах, гостиницах, на объектах промышленности и транспортной инфраструктуре.

Ultra low power
energy harvester
and battery charger



SPV1050 компании STMicroelectronics идеально подходит для приложений требующих от нескольких микроватт до нескольких милливатт мощности и одинаково может применяться как для устройств использующих тепловую энергию, так и энергию солнца, как на улице, так и внутри помещений.

Микропотребляющая микросхема сбора энергии выполняет больше функций чем другие аналогичные устройства, что позволяет уменьшить размеры и сэкономить на стоимости комплектующих. Два регулятора напряжения на 1.8 и 3.3 В позволяют непосредственно питать микроконтроллеры и беспроводные приемопередатчики. Технология слежения за точкой максимальной мощности (MPPT) постоянно оптимизирует сбор энергии, но при необходимости она может быть отключена. Схема заряда поддерживает

широкий диапазон типов батарей, включая Li-Ion, Li-Pol, LiCoO, NiMH и NiCd, а также ионисторы.

«Сбор энергии окружающей среды обеспечивает экологические преимущества, помогает снизить стоимость владения оборудованием, и все чаще используется по мере роста эффективности преобразования энергии и снижения энергопотребления типичных систем, – сказал Маттео Ло Прести (Matteo Lo Presti), вице-президент группы и генеральный директор подразделения промышленных схем и преобразователей энергии компании STMicroelectronics. – Замечательная эффективность сбора энергии в сочетании с непревзойденной гибкостью и интегрированными функциями позволяет инженерам реализовать множество новых возможностей на промышленных и потребительских рынках».

Внутренний понижающе-повышающий преобразователь позволяет SPV1050 подключаться напрямую к любым термоэлектрическим генераторам (ТЭГ) или солнечным элементам, сохраняя работоспособность в широком диапазоне входных напряжений от 0.18 до 8 В. Средний КПД в 90% позволяет быстро заряжать аккумуляторы даже при низких уровнях входной мощности, в то время как высокая точность фиксации рабочей точки вблизи MPPT увеличивает отбор энергии от ТЭГ или солнечных элементов. Кроме того, интегрированный контроллер заряда аккумуляторов, используя точные пороги превышения напряжения и окончания заряда, обеспечивает безопасную логику управления, предотвращающую чрезмерный разряд батарей, что увеличивает срок их службы.

Образцы SPV1050 доступны уже сейчас, промышленное производство планируется начать в четвертом квартале 2014 года. SPV1050 будут доступны в 20-контактных корпусах QFN 3 3 1мм или WLCSP. Бюджетная цена микросхемы составит \$1.15 при заказе от 1000 штук.

Новые чип резисторы компании Ohmite работают при напряжении 3000 В

Рассчитанные на рабочее напряжение до 3 кВ, новые чип резисторы серии HVC компании Ohmite имеют диапазон сопротивлений от 100 кОм до 100 ГОм, стандартный ТКС 100 ppm и стандартные отклонения номинальных значений 5%, хотя возможно изготовление резисторов и с допуском вплоть до 0.5%. В зависимости от величины сопротивления коэффициент напряжения резисторов меняется от 10 до 100.



Резисторы поставляются в корпусах типоразмеров 0805, 1206 и 2512 и насчитывают 23 номинала. Приборы созданы в ответ на постоянный рост потребности в высоковольтных резисторах, обусловленный развитием возобновляемой энергетики, военной электроники и медицинской техники. Отсутствие в резисторах органических соединений позволяет использовать их также в условиях вакуума.

Толстопленочные резисторы могут использоваться в температурном диапазоне от -55°C до $+155^{\circ}\text{C}$. Их контакты из матового олова с подслоем никеля специально разрабатывались в расчете на возможность длительного складского хранения. Изделия поставляются на катушках в ленте по 500 штук. Диапазон цен начинается от \$0.60 – \$0.90 для приборов с сопротивлением до 100 МОм и допуском 5%.

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование

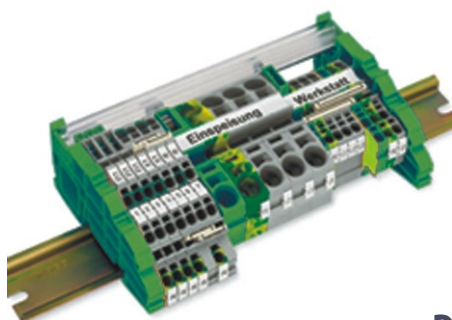


»»» **JOKARI**[®]
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



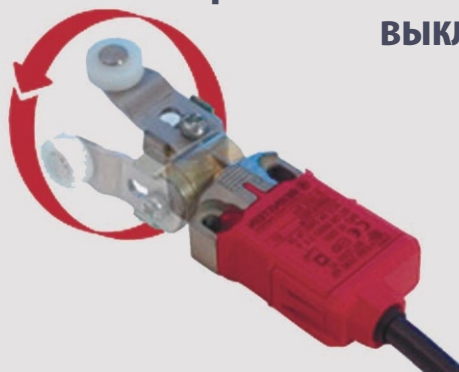
WAGO[®]
INNOVATIVE CONNECTIONS



клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат

BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU



Электрические схемы можно печатать на обычном струйном принтере

Sam Davis

Power Electronics

Совместными усилиями исследователей из Технологического института Джорджии, Токийского университета и Microsoft Research разработан инновационный метод быстрого и дешевого изготовления электрических схем путем печати их на обычных потребительских струйных принтерах с использованием широко распространенных материалов. Купив оборудование примерно за \$300, каждый сможет изготовить работоспособную электрическую схему, затратив на это 60 секунд.

Технология, названная разработчиками Instant Inkjet Circuits, позволяет печатать проводники произвольной формы на жестких и гибких материалах и может оказать неоценимую помощь новичкам и дилетантам в создании прототипов их устройств.

«Мы считаем, что есть возможность полностью изменить подход к быстрому созданию прототипов печатных плат», – сказал Грегори Абоуд (Gregory Abowd), один из

разработчиков нового метода, регент-профессор Школы Интерактивных Вычислений Технологического института Джорджии. – «В отличие от существующих методов печати проводящих структур, электропроводность у нас появляется в течение нескольких секунд и без использования какого-либо специального оборудования».



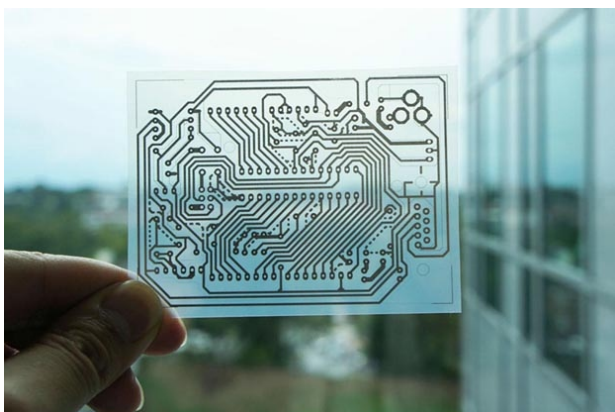
Заполнение пустого картриджа проводящими серебряными чернилами с помощью одноразового шприца и фильтра. Чернила до высыхания имеют темно-коричневый цвет.



Картридж, заполненный чернилами с наночастицами серебра, устанавливается в обычный бытовой струйный принтер.

Последние достижения в области химического связывания металлических частиц позволили исследователям воспользоваться чернилами с наночастицами серебра и отказаться от термического связывания или спекания – достаточно долгого и потенциально небезопасного из-за высоких температур процесса. Наилучшие результаты дает печать на ламинированной смолами бумаге,

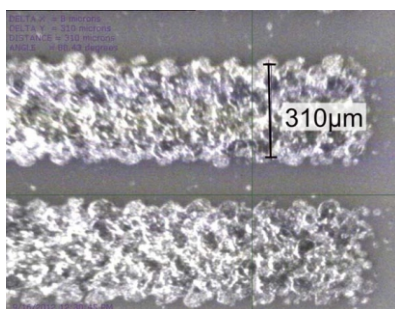
лавсановой пленке и глянцевой фотобумаге. Исследователи также создали список непригодных материалов, в который вошли, в частности, тяжелые ткани и магнитные листы.



Односторонняя плата для Arduino была напечатана на прозрачном листе лавсановой пленки непосредственно из файла Gerber для фотоплоттера.

«Все, чем мы пользовались в своих исследованиях, доступно на рынке и позволяет людям попробовать это у себя дома», – сказал Йошихиро Коэхара (Yoshihiro Kawahara), доцент Токийского университета и автор новой технологии. – «Метод может быть использован для печати плат, датчиков и антенн с очень небольшими затратами, и это открывает множество новых возможностей».

Отрабатывая новую технологию, исследователи оптимизировали имеющиеся в продаже средства и материалы, включая принтеры, клейкую ленту и серебряные чернила. Проектирование топологии платы выполнялось на персональном компьютере с помощью стандартных графических редакторов, однако сделать работоспособную схему можно даже на основе фотокопии рисунка.

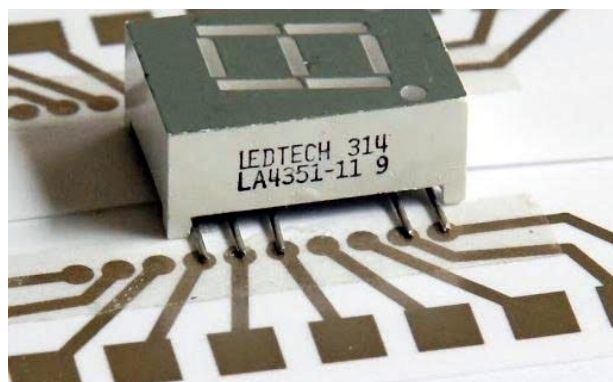


Полученная с помощью оптического микроскопа фотография двух смежных серебряных дорожек.

После печати схемы компоненты могут быть установлены на нее с помощью двухсторонней проводящей ленты или эпоксидной смолы с серебряным наполнителем. Изготовленные в домашних условиях схемы позволят радиолюбителям быстро создавать прототипы температурных контроллеров, зарядных устройств для аккумуляторов и множества других электронных устройств.



Соединение компонентов с помощью двухсторонней проводящей клеящей ленты.



Выводы электрически соединены с контактными площадками, но изолированы друг от друга за счет анизотропных свойств клеящей ленты.

«Используя эту технологию в аудитории, можно было бы с очень небольшими затратами знакомить студентов с основными принципами электроники», – сказал Стив Ходжес (Steve Hodges), один из сотрудников Microsoft Research.

Чтобы продемонстрировать возможности новой технологии для создания емкостных сенсорных датчиков, – основных элементов интерфейса смартфонов, а также гибкость



Полоска ламинированной резины с напечатанным проводящим рисунком приклеена к внутренней поверхности стакана. Для измерения емкости, пропорциональной уровню жидкости, полоска подключена к Arduino nano.

печатных плат, исследователи наклеили полосу проводящей резины с напечатанной на ней схемой на стеклянный стакан. Принявший форму стакана емкостной датчик после подключения к нему микроконтроллера мог определять количество оставшейся в стакане жидкости.

Технология была представлена на международной конференции UbiComp 2013, проходившей в Цюрихе с 8 по 12 сентября 2013 года, и получила награду за лучшую научную публикацию. **РЛ**

Печатаем платы прямо на своем столе: на Kickstarter запущен проект настольного принтера

Janine Love

EDN

На Kickstarter запущен проект принтера под названием «The EX¹». Авторы изобретения, три студента, создавшие компанию Cartesian, демонстрируют, как можно быстро создавать печатные платы на бумаге, пластике, стекле, дереве, керамике, силиконовых материалах и ткани. Принтер стоит \$1.199 и обещает упростить процесс изготовления опытных образцов. Первая поставка ожидается в начале 2014 г. В течение всего пяти минут моего присутствия на сайте сборы на глазах увеличивались, и я не сомневаюсь, что они быстро наберут требуемую сумму в \$30,000.



«The EX¹» имеет два картриджа с соплами для распыления чернил и печатает на подложке практически так же, как и настольный струйный принтер. Однако вместо чернил «The EX¹» распыляет два химических вещества, из которых образуются наночастицы серебра, оставляющие на подложке серебряное изображение.

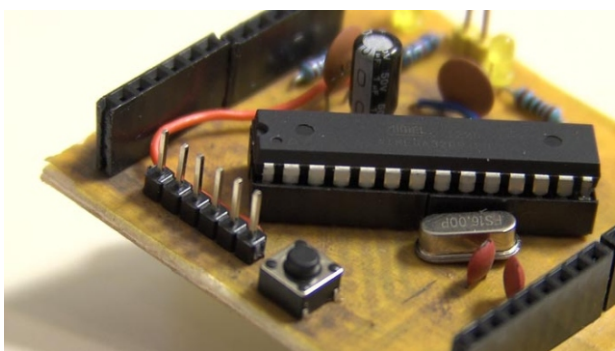
У меня было несколько вопросов к основателем компании Ариэль Бринер (Ariel Briner), Изабелле Стивенс (Isabella Stephens) и Джону Скотту (John Scott). Двое из них еще учатся в Университете Квинсленда, – Ариэль Бринер скоро получит степень бакалавра в области электроники и аэрокосмической техники, а Изабелла Стивенс в настоящее время одновременно изучает программирование и коммерцию. Джон Скотт уже получил степень бакалавра в области механики и аэрокосмической техники, также в Квинслендском университете. Учитывая, что все находятся в Австралии, и у нас возникли проблемы с разницей во времени, Бринер, выступающий в качестве главы разработки электрической части, был достаточно любезен и ответил на мои вопросы по электронной почте.



Слева направо: Изабелла, Джон и Ариэль.

Janine Love (JL): Расскажите мне немного об истории Вашего проекта, вашей компании и о том, как вы, три соучредителя, встретились.

Ariel Briner (AB): Идея этого принтера возникла у меня несколько лет назад, когда я пытался дома сделать печатную плату для университетского проекта. В то время я пробовал создать вариант того, чем стал принтер, но потерпел неудачу, потому что пытался сделать это в одиночку. Теперь, несколько лет спустя, у меня есть команда, и за последний год нам удалось воплотить в реальность мою первоначальную идею. У меня есть два единомышленника (Джон и Изабелла). Джон и я были друзьями со школы, а Изабеллу я встретил на лекции по программированию в Квинслендском университете.



Arduino-совместимый микроконтроллер, напечатанный на полиимидной пленке и дереве.

(JL): Как много времени прошло от создания концепции до рабочего прототипа этого принтера?

(AB): Идея возникла у меня четыре года назад. Но с момента, как я начал работать с моей командой, понадобился всего год, чтобы достигнуть успеха в том, в чем ранее я потерпел неудачу.

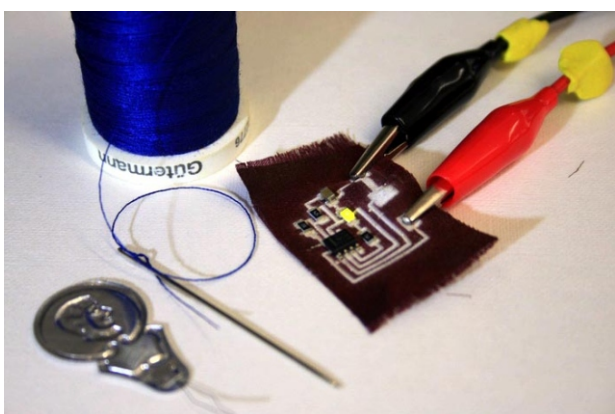
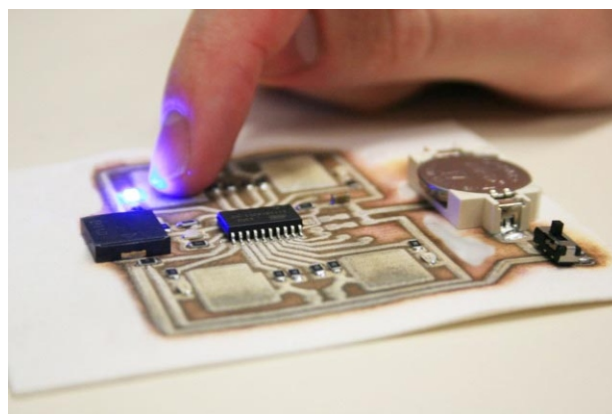


Схема с мигающим светодиодом, напечатанная на синтетической ткани.

(JL): В чем заключались основные технические сложности?

(AB): Были две основные технические проблемы. Первая, и самая сложная из них, заключалась в огромном количестве возможных способов быстрого изготовления прототипов печатных плат. Я всегда знал, что наилучшим будет решение на основе струйной печати. Но даже в этом случае есть вариант печати защитного покрытия для последующего травления в кислоте, печати существующими бытовыми чернилами или предпочтительный нами метод осаждения серебра из двух видов «чернил». Выбор неправильного варианта как раз и помешал мне в первый раз.

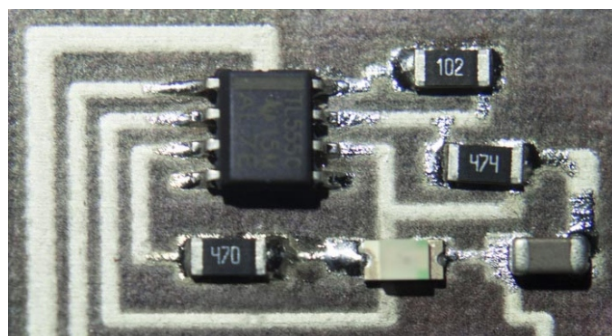
Вторая важная проблема касалась струйного картриджа, в частности, того, стоит ли изготавливать его самостоятельно и как им управлять.



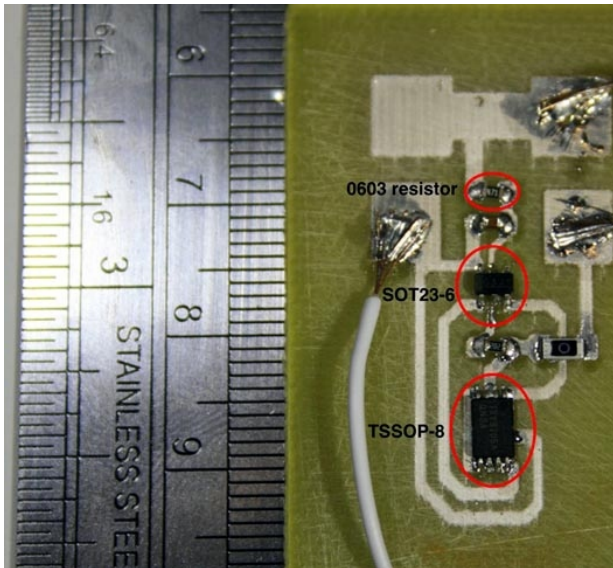
Сенсорная игра «Simon Says», напечатанная на бумаге.

(JL): Как вы их преодолевали?

(AB): Справиться с первой проблемой было несложно. Я уже опробовал одну технологию и потерпел неудачу, оставив, тем самым, всего два варианта для выбора. Решение проблемы струйного картриджа оказалось довольно заниматель-



Увеличенное изображение схемы с элементами поверхностного монтажа, напечатанной прямо на бумаге.



Напечатанная на стеклотекстолите FR4 схема защиты LiPo аккумуляторов демонстрирует высокое разрешение.

ным. Очень мало доступной информации о том, как работают струйные картриджи и как их использовать. Однако, немного повозившись, мы смогли заставить наш картридж работать даже лучше, чем надеялись.

(JL): Каковы ограничения использования серебряных наночастиц? Насколько скоростные схемы они позволяют создавать?

(AB): Серебряные наночастицы великолепны, мы смогли добиться печати таких проводников, которые сохраняют работоспособность при сгибании, не боятся воздействию воды, а также пригодны для пайки.

По правде говоря, ограничений для них мы еще не увидели. Очевидным фактором, влияющим на скорость работы схемы, является паразитная емкость, которая значительно варьируется. На нее влияет множество факторов, не все из которых мы успели полностью исследовать. Мы проводили испытания на микроконтроллерах с частотой до 20 МГц и пока не обнаружили предела. У нас нет никаких сомнений, что достижимы и большие скорости.

(JL): Каков план ваших дальнейших действий? Какие улучшения планируются в следующем поколении устройств?

(AB): На создание принтера нас вдохновили современные возможности быстрого изготовления прототипов (в частности, 3D-печать). Я всегда думал, каким необычным может стать мир, если каждый сможет делать схемы с той же легкостью, что и печатать на 3D-принтере. Все так быстро изменяется в нашем мире, что, действительно, сложно сказать, что готовит будущее. У нас есть миллионы идей, но только две руки. Тем не менее, мы очень мечтаем о создании полноценной настольной фабрики по производству печатных плат.

Характеристики принтера:

- Область печати: 17.5 8 см
- Габариты: 41.2 31.2 16.6 см
- Вес: около 6 кг с полными картриджами. **РЛ**

Подводные кабели несут энергию ветра людям



Tildy Bayar

Renewable Energy World

Кабели становятся важнейшим аспектом строительства и эксплуатации ветряных электростанций. Мы предлагаем вам небольшую экскурсию по заводу норвежского производителя подводных кабелей и обзор проблем, связанных с этим развивающимся рынком.

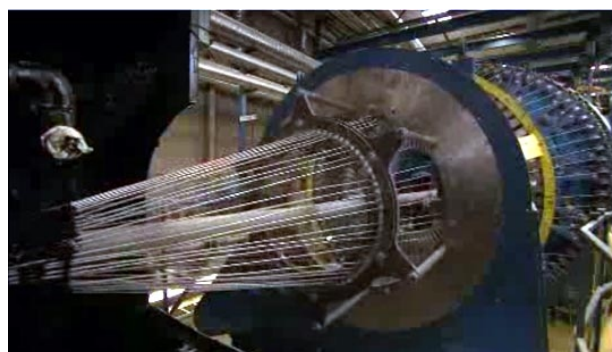
Многие, возможно, будут удивлены, узнав, что самым высоким зданием Норвегии является 120-метровая экструзионная башня компании Nexans на заводе по производству высоковольтного подводного кабеля в городе Хальден (Halden). С помощью производимых Nexans подводных кабелей оффшорные ветряные фермы подключаются к береговым подстанциям, откуда через электрические сети они несут зеленую энергию в наши дома.



В оборудовании ветропарков используются кабели нескольких типов. С помощью кабелей низкого и среднего напряжения (не более 1 кВ) энергия, вырабатываемая генератором турбины, передается в трансформатор, расположенный, как правило, в основании башни. Эти кабели принято называть «loop cables». Затем группы турбин соединяются друг с другом и с оффшорными подстанциями с помощью объединительных кабелей («array cables»), а кабели «export cables» дос-

тавляют энергию к береговым подстанциям. Эти кабели содержат также оптоволоконные линии, необходимые для дистанционного контроля состояния турбины. И, наконец, кабели подземных и воздушных линий доставляют электроэнергию в сеть, откуда она попадает к потребителям.

Во время нашей недавней экскурсии на завод, которую любезно спонсировала Nexans, гид объяснил, что в высокой башне размещается вертикальное экструзионное оборудование, с которого, собственно, и начинается процесс изготовления кабеля. Из «чистых комнат» в верхней части башни сверхчистый полиэтилен и сверхгладкое покрытие из сшиваемой полимерной композиции через закрытую систему гигантских труб подаются к расположенному на уровне земли главному экструдеру, в котором из нескольких экструдерных головок собираются в единое целое проводники и изолирующие материалы. Прежде чем рабочие должны будут остановить процесс, чтобы сменить гигантские приемные корзины, башня сможет произвести 15 км кабеля, на что потребуется около недели.



Высота башни очень важна, поскольку все материалы кабеля должны полностью остыть перед тем, как будут одеты в изоляцию. Отверждение и остывание происходят в сухой атмосфере азота, наполняющего башню под повышенным давлением, после чего материалы расходятся на другие технологические участки с помощью проложенных внутри и между зданиями многочисленных роликовых «кабельных дорожек».

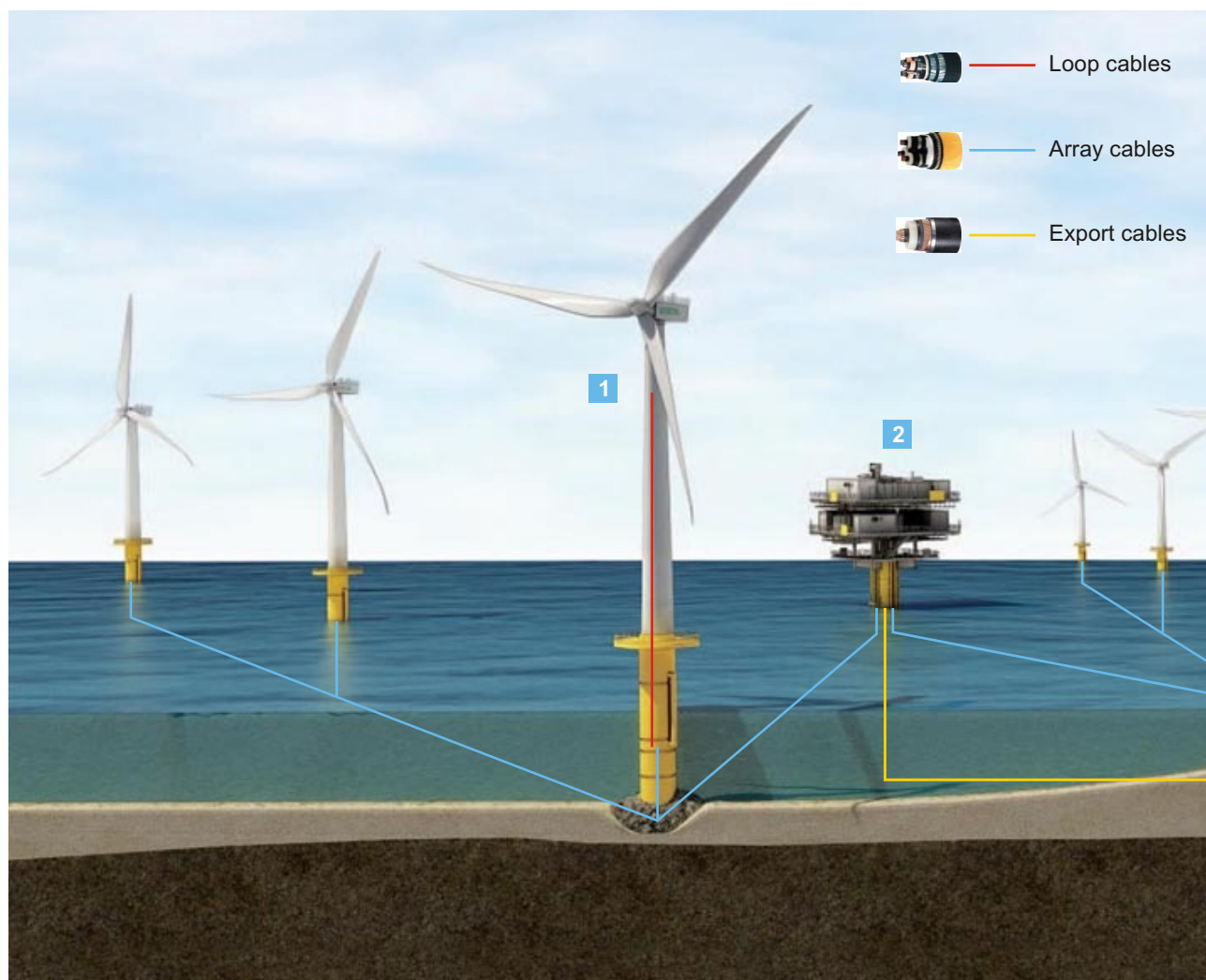
Из меди, алюминия, свинца и проводов формируются отрезки кабеля весом 400-500 кг. На последнем участке технологической цепочки с помощью запатентованной компанией специальной технологии отрезки соединяются в кабели длиной 60-70 км.

После еще нескольких процессов, включающих изоляцию и усиление кабелей, они подвергаются проверке на упругость и скручиваемость. Из-за вращения гондолы ветряной турбины кабели испытывают сильные деформации, поэтому они должны обладать особо высокой устойчивостью к скручиванию

и вибрации. Тесты на скручивание моделируют 20-летний период использования кабеля внутри ветроустановки. Но конкретный перечень тестов, по словам Nexans, зависит от требований, предъявляемых каждым заказчиком.

Вызовы рынка

Движение ветроиндустрии в сторону больших глубин, становится источником серьезных проблем, которые приходится решать таким компаниям, как Nexans, поскольку суда-кабелеукладчики могут принять на борт лишь ограниченное количество кабеля. Встроенная вращающаяся платформа Skagerrak, флагманского корабля Nexans, вмещает 50 тонн кабеля. На Skagerrak могут разместиться и передвигаться по всему миру 65 рабочих. По утверждению компании, в мире есть совсем немного судов такой вместимости, и лишь одно или два судна подобного класса, включая Giulio Verne, принадлежащее





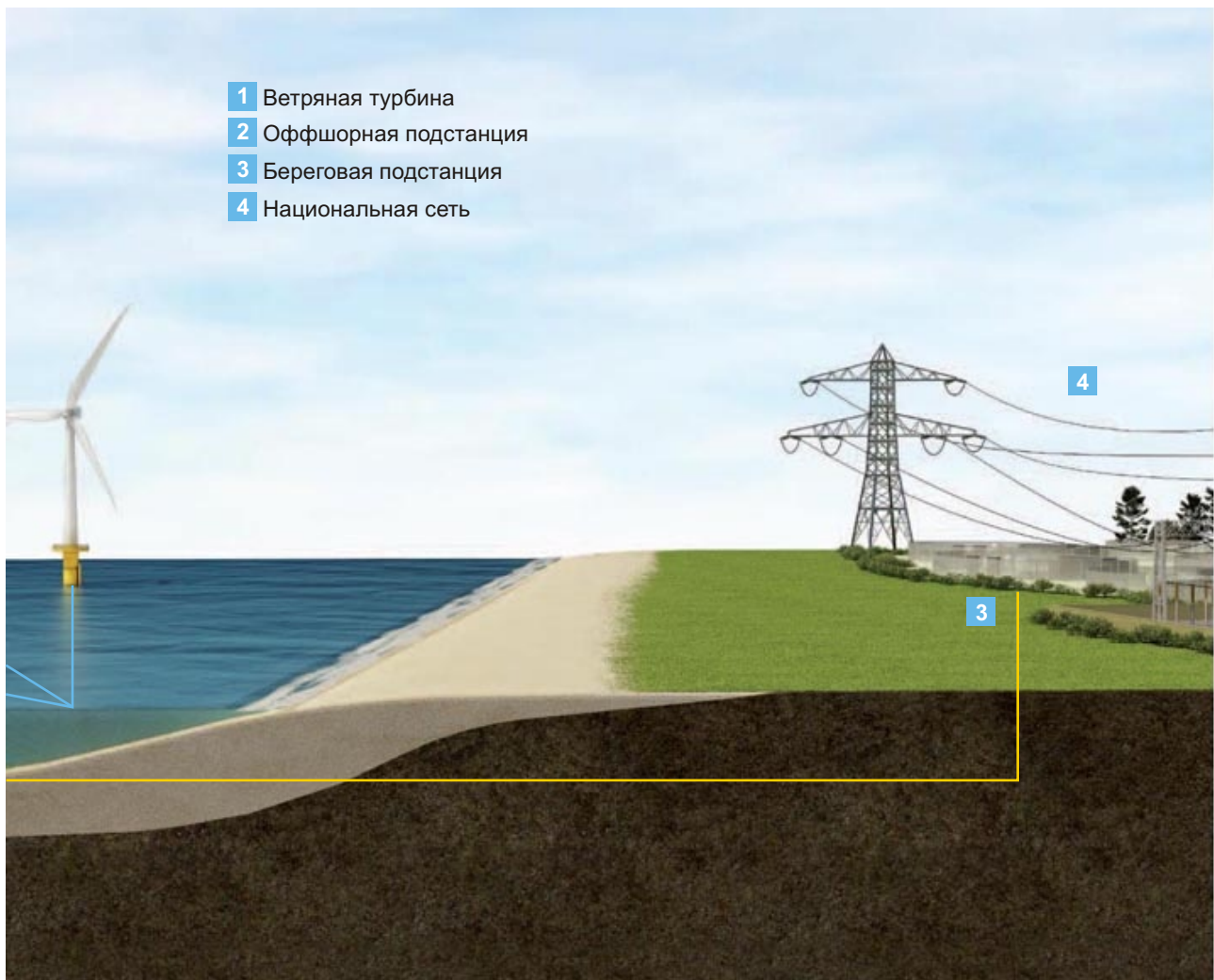
Кабелеукладчик Skagerrak компании Nexans.

компании Prysmian – главному конкуренту Nexans.

«По мере ухода ветряных ферм все дальше от берега клиентам Nexans приходится искать способы доставки большего количества энергии на большие расстояния, что требует более мощных и длинных кабелей», – сказал Винсент Дессэйл (Vincent Dessale), исполнительный директор подразделения высоковольтных подводных кабелей. В 2012 году крупнейший завод группы Nexans в Хальдене столкнулся с проблемами из-за задер-

жек с выполнением заказов на поставки подводных кабелей, приведших к падению котировок акций компании и угрозе необходимости реструктуризации бизнеса. «Компания извлекла из этих событий определенные уроки», – продолжал он, осознав, в частности, что «темпы внедрения новых технических средств и привлечения новых кадров не соответствовали запросам рынка», и «для того чтобы справиться с растущей сложностью и увеличивающейся неопределенностью сроков требуются высоко структурированная организация, устойчивое развитие и правильное мышление».

Другая проблема связана с постоянно возрастающим влиянием кабелей на управление рисками. «Одно из ключевых различий между оффшорными и береговыми ветряными электростанциями, как концептуальных, так и конструктивных, заключается в необходимости учета вероятности неисправности кабеля при разработке архитектуры системы», – сказал Дэвид Макнот (David McNaught),





Созданный Nexans аппарат «Саржект» может рыть траншеи в мягких или твердых отложениях, работая на глубинах до 1000 метров.

старший инженер консалтинговой компании Frazer-Nash. – Если подводный кабель выходит из строя в процессе эксплуатации, последствия для работоспособности и рентабельности ветряной фермы могут быть ужасными, особенно в том случае, если нет свободного судна, подходящего для ремонта, или ремонту мешает плохая погода, что весьма вероятно в зимние месяцы.



Оффшорная подстанция.

«Это очень важно, что электрические кабельные системы ветроферм имеют высокую надежность, позволяющую противостоять непредвиденным обстоятельствам, – продолжал Макнот. – Связанные с кабелями риски являются сравнительно новыми аспектами финансового анализа ветроэнергетических проектов, но они все чаще рассматриваются с позиций опубликованных в январе 2013 г. новых рекомендаций GL Renewables, касающихся всех видов кабелей для оффшорных станций. Учитывая эту растущую обеспокоенность, Nexans расширяет анализ рисков на этапе тендера и активно работает над мерами снижения рисков еще до начала производства.

Еще одной проблемой является транспорт для больших и длинных кабелей. Используемый сейчас Skagerrak, третий из серии судов, способных взять на борт 130 км кабеля, был изготовлен в 1993 году. Постройка Skagerrak 4, рассчитанного на 140 км кабеля, как ожидается, будет закончена в 2014 году.

«Растет не только объем рынка, но и его сложность, – говорит Дирк Стейнбринк (Dirk Steinbrink), исполнительный вице-президент подразделения высоковольтных и подводных кабелей. – В последнее время Nexans расширяет степень своего участия в проектах, предлагая не только кабели, но и выполнение «под ключ» всех работ по их монтажу и присоединению».



Береговая подстанция.

В качестве участника проекта Northwind, реализация которого приближается к завершению, Nexans заключила контракт на поставку кабелей для подключения оффшорной ветрофермы Belwind 2 к Northwind, и Northwind – к береговым подстанциям. Условиями контракта предусмотрены конструирование кабеля, его испытания, поставка, выполнение работ по оснащению кабелей клеммами и соединительными муфтами и окончательные испытания на месте (называемые освидетельствованием кабеля). По словам компании, она будет использовать самый большой из когда-либо изготавливавшихся для подобных проектов кабель, каждый метр которого весит 30 кг.

Разработчикам оффшорных ветростанций приходится также принимать во внимание социальные аспекты строительства. «Уровень поддержки людьми, живущими возле ветряных ферм, довольно низок», – говорит Стейнбринк. – «Им нравится зеленая энергия, но не нравится смотреть на нас во

время работы. Поэтому мы вынуждены прокладывать в земле микротоннели, особенно в туристических зонах».

Фредерик Мишеллан (Frédéric Michelland), старший исполнительный вице-президент отделения высоковольтных и подводных кабелей по Северной и Южной Америке, в обозримом будущем не ожидает значительного роста рынка кабелей для ветряных тур-

бин. По его словам, сегодня Nexans закрывает 80% европейского рынка, в то время как «завтра центр тяжести начнет смещаться в сторону Северной Америки и Китая, однако мы полагаем, что наш рынок останется преимущественно европейским». В Европе «не реализовано еще много проектов, вокруг которых будет происходить большинство событий», – добавил он. **РЛ**

Все использованные в статье фотографии и рисунки принадлежат компании Nexans

Джон Непер: изобретатель логарифмов на первое место ставил религию

Sarah Mangiola

Electronic Design

В 1614 году Джон Непер опубликовал работу, сделавшую логарифмы эффективным средством расчета больших чисел, благодаря которому за прошедшие с тех пор века стали возможны бесчисленные достижения.



Джон Непер из Мерчистона

Не так уж и давно было то время, когда калькуляторы еще не были стандартным средством для вычислений. Клавиши $\log()$ не существовало, и некоторые вычисления приходилось делалась вручную. Джон Непер и его логарифм упростили эти скучные вычисления. В 1614 году он опубликовал работу *Mirifici logarithmorum canonis descriptio*, что переводится как Описание замечательной таблицы логарифмов. Поразительно мало книг написано о Непере, но из тех, что у нас есть, мы знаем, что Неперы из Мерчистона были благородной, уважаемой семьей, и что Джон Непер, не будучи занят другими дела-

ми, мог позволить себе больше времени заниматься исследованиями.

Непер известен, главным образом, благодаря логарифмам и его «костям». Хотя два этих термина часто встречаются вместе, в действительности они не имеют ничего общего друг с другом. В то время как «кости» Непера использовались для простых задач умножения и деления (делай проще, складывая и вычитая), они не годились для таких сложных вычислений, как логарифмы. Опубликовав свою книгу после двадцатилетней работы над логарифмами, он и по сей день известен, как их изобретатель. Однако почти ничего не известно о характерной для той эпохи острой конкуренции в научных кругах, заставившую Непера проявить себя не только как создателя инструмента, который навсегда изменил жизнь инженеров, но и как хитреца, сделавшего все для того, чтобы гарантировать использование своей идеи.

Гонка до победного конца

В попытках найти более простой способ точных вычислений Джон Непер был не одинок. В свое время, астрономы постоянно совершали ошибки из-за больших вычислений, которые им приходилось выполнять. Йост Бюрги был одним из таких конкурентов. Но Непер был умен, и знал, как важно получить признание своей работы. Публикация на английском языке, печатное, вместо рукописного, издание своих таблиц вместе с «руководством пользователя» к каждой книге, — все это облегчило распространение его идеи.

Непер также не боялся принимать критику, и обсуждал с Генри Бриггсом, как улучшить свою первоначальную систему.

«Работу над своими таблицами Непер начинал говоря, что исходным значением логарифмов является нуль, но для того, чтобы привести в соответствие остальные таблицы, это должна быть единица. Бриггс также понимал это, но Непер знал, что это было проблемой», – сказала доктор Кэтлин Кларк (Kathleen Clark), доцент школы педагогического образования в Университете штата Флорида. Непер был так захвачен встречами с Бриггсом, что на самом деле умер после одной из своих поездок к нему. У Бюрге, с другой стороны, был другой круг обязанностей. «Бюрге был на службе при королевском дворе Габсбургов в Чехии, так что ему приходилось часто передвигаться между его родной страной и Прагой», – продолжала Кларк. Хотя подобные же идеи были и у Бюрге, и, возможно, работать над ними он начал раньше Непера, опубликоваться он смог лишь спустя шесть лет после выхода текста Непера, когда термин «логарифм» уже вошел в обиход. Возникает вопрос, использовался бы метод Бюрге, если бы по социальному положению он был равен Неперу?

«Это возможно, так как Бюрге служил при королевском дворе и имел ряд влиятельных друзей. Хотя труд Непера имеет несколько других особенностей, сделавших его популярным. Например, возможность сразу использовать его таблицы для вычисления синусов оказалось огромным преимуществом», – сказала д-р Клеменси Монтелл (Clemency Montelle), старший преподаватель кафедры математики и статистики Университета Кентербери.

Несмотря на социальное преимущество Непера, Бюрге, в то же время, кажется, имел много связей, и вопрос о том, были бы востребованы труды Бюрге в большей степени в случае социального равенства с Непером, кажется неуместным. В долгосрочной перспективе работа Непера была лучше.

Остроумная логика

Свой ум Джон вкладывал не только в книги. Непер был в состоянии перехитрить многих. Марк Непер, один из потомков Джона, написал в «Мемуарах Джона Непера из Мерчистона» о том, как Джон, подозревая своих слуг после исчезновения нескольких предме-

тов, направлял их по очереди в темную комнату, где был закрыт его любимый петух. Он объявил, что петух станет вороной, когда виновный погладит его по спине. Сделать это он обязал каждого. Петух молчал в течение всей процедуры, но руки одного из слуг оказались совершенно чистыми, в то время как перья птицы были специально перемазаны сажей.

Непер был успешным фермером, а также поговаривали, что он пробовал себя в алхимии.

«Очевидно, немало времени Непер проводил, бродя кругами в ночной рубашке и колпаке. В результате люди стали говорить, что он был одет, как колдун. В некоторых биографиях утверждается, что Непер заключил сделку с дьяволом», – сообщил профессор математики Майкл Дж. Колфилд (Michael J. Caulfield), из университета Ганнон.

Однако для того, чтобы убедить всех, что его посевы были окружены заботой, помощь дьявола Неперу не требовалась. Заметив, что соседские голуби клюют его урожай, Непер пригрозил поймать птиц и забрать их. Сосед, не веря, что такое возможно, сказал Неперу, что если ему удастся поймать птиц, то он сможет оставить их себе. На следующее утро сосед нашел Непера, складывающего птиц в мешок. Непер накормил птиц горохом, пропитанным бренди, после чего поймать пьяных голубей не составило труда. Вот еще один из примеров, демонстрирующих оригинальность Непера в разрешении проблемных ситуаций.

В первую очередь, набожный протестант

Приверженность Джона Непера к протестантской церкви может остаться незамеченной из-за его значительного вклада в математику. Тем не менее, главным достижением Непер считал свою работу по церковной тематике «Простое изъяснение всего Откровения Иоанна Богослова». Он считал, что если когда-то ему и суждено прославиться чем-либо, то именно благодаря этому.

Непер предсказывал, что конец света наступит между 1688 и 1700 годами из-за того, что папа Климент VIII был Антихристом. В то время в Соединенном Королевстве католическая церковь во главе с королевой Мэри пыталась вернуть себе власть над набожными протестантами. Непер принимал актив-

нейшее участие в движении против королевы и, не ограничиваясь письменными трудами, создавал артиллерийское вооружение, которое должно было помочь его соратникам. Одним из таких его творений был первый танк, описанный как средство передвижения, покрытое металлическими пластинами, которым управляли сидящие внутри люди. К подобным изобретениям относится и зеркало для сжигания вражеских кораблей на любом расстоянии.

Движущей силой стремления Непера защитить Шотландию и протестантскую религию, возможно, было заключение его отца в тюрьму королевой Мэри в 1571 году после того, как Непер вернулся домой из обучения за рубежом. «С момента, когда его ум начал работать, он стремился быть протестантским лидером и вкладывал в это святое дело всю свою энергию», – пишет Марк Непер в своих мемуарах. Несмотря на то, что о религиозной стороне жизни Джона Непера известно мало, его математические исследования были только хобби. Основную часть своего времени он посвящал участию в религиозных войнах.

Выжившие кости

Кости Непера являются вторым из наиболее известных его изобретений, после логарифмов, конечно. И хотя часто они упоминаются вместе, в действительности между двумя изобретениями нет ничего общего. «Кости Непера – это устройство, которое использовало много промежуточных сложений вместо одного большого», – сказала Кларк. В действительности они не подходят для тригонометрии или умножения чисел больше 9.

Хотя кости больше не используются, в свое время они были такой же инновацией, как простой калькулятор. Кости Непера также известны как палочки Непера, что является



Основанные на прутках и рукописных таблицах, кости Непера могли использоваться для сложения и вычитания задолго до изобретения калькулятора. (Фото из Музея науки, Лондон).

более точным определением. Перед тем, как таблицы Непера стали массово производиться и печататься, его кости физически представляли собой высококачественные стержни, изготовленные из слоновой кости, (что и объясняет, почему их теперь называют костями).

Значимость его логарифмов неоспорима. Хотя теперь с этой функцией справляется калькулятор, логарифм сильно изменил жизнь астрономов во времена Непера.

«Разработанные Непером логарифмы позволили Иоганну Кеплеру легче увидеть закономерности, скрытые в данных Тихо Браге и, таким образом, сформулировать три закона движения планет, – сказал Колфилд. – Позже Пьер-Симон Лаплас, живший в конце восемнадцатого и начале девятнадцатого веков, сказал, что Непер «упростив вычисления, вдвое продлили жизнь астронома»». **РЛ**

Технологии корпусирования микросхем: итоги 30-летнего развития

Darvin Edwards

Electronic Design

С момента появления первой интегральной схемы прошло уже много времени, но нам предстоит пройти еще долгий путь, чтобы завершить обещанную революцию в технологии производства микросхем

Когда-то в конце 1960-х годов мой отец вернулся домой из университета, где он работал доцентом в отделении Электронных Технологий, очень взволнованным. Он провел меня в рабочий кабинет, положил свой портфель, открыл его и достал маленькую пластиковую прозрачную шкатулку.

«Это будущее электроники, сын», – сказал он, кладя коробочку мне в руки так, словно это было бесценное сокровище. Внутри, удерживаясь на черном пористом материале с помощью 8 или 10 позолоченных зубцов, находился серебристый диск, на котором располагался крошечный сероватый кусочек кремния. Тонкие, едва заметные золотые нити соединяли золотые проводящие штырьки, расположенные по внешнему краю серебряного диска, с крошечными точками на кремниевом чипе.

Я уставился на него непонимающим взглядом и спросил: «Что это такое?».

Папа улыбнулся. «Это интегральная схема, – сказал он. – Это то, к чему идет электроника».

Тогда я не знал, что в течение трех десятилетий своей жизни буду помогать совершенствовать технологии изготовления корпусов интегральных микросхем (ИМС), или, что технологический прогресс, сделавший возможным интеграцию транзисторов на одной подложке, так революционизирует мир, в котором мы живем. Оглядываясь назад, я вижу, какой длинный путь мы прошли от самой первой микросхемы. Когда же смотрю вперед – понимаю, как долго еще предстоит

идти, чтобы завершить обещанную революцию в технологии изготовления ИМС.

Оглядываясь назад: непрерывное развитие

1980 году я пришел в компанию Texas Instruments (TI). Был кризис. Компания только начала производить микросхемы DRAM емкостью 16 Кбайт, и некоторые заказчики обнаруживали в своих системах неисправные чипы. Я был нанят, чтобы, работая совместно с небольшой командой инженеров, выявить причины повреждения кристалла и устранить их. За несколько недель до моего приезда коллектив разработчиков изготовил первый интегральный кремниевый тензометрический датчик, и я приступил к работе по подготовке средств анализа его теоретических основ, которые потребуются для оценки и понимания выходных данных. Это была одна из первых микросхем для оценки взаимодействия кристалла интегральной схемы и ее корпуса.

Микросхемы DRAM выпускались в 16-выводных корпусах с двухрядным расположением выводов (DIP). На тот момент это был самый большой кристалл, который TI когда-либо упаковывала в корпус, его размеры составляли примерно 5.5 × 3 мм. Используя тензометрический датчик, мы быстро определили влияние формовочных компаундов, технологий формования, конструкции выводной рамки и способов соединения кристалла с рамкой. Мы уменьшили коэффициент расширения формовочного компаунда,

изменили крепление кристалла и устранили пустоты в области его крепления, после чего обнаружили, что проблема повреждения кристаллов исчезла.

Еще в 1980 годах корпусирование ИМС было разделено на две группы. Один класс корпусов предназначался для высокопроизводительных и мощных приложений, а другой – для потребительских товаров, от которых не требовалось ни высокой надежности, ни высоких характеристик. Для первой группы использовались керамические материалы с полостями, в которые эвтектикой золота и кремния впаивались кристаллы, а затем закрывались крышкой, образуя герметичный корпус. Эти устройства изготавливались с двухрядным или матричным расположением штырьковых выводов.

ИМС для потребительских товаров выпускались почти исключительно в пластиковых корпусах с двухрядным расположением выводов, при использовании которых проявлялось много изобретательности. На Рисунке 1 изображена распространенная в то время концепция многоярусного корпуса, образованного установкой двух DIP корпусов друг на друга, – самая ранняя реализация технологии Package on Package (корпус-на-корпусе). Кроме того, при изготовлении этих приборов использовалась алмазная резка пластин – технология, до сих пор применяемая в производстве безвыводных микросхем.

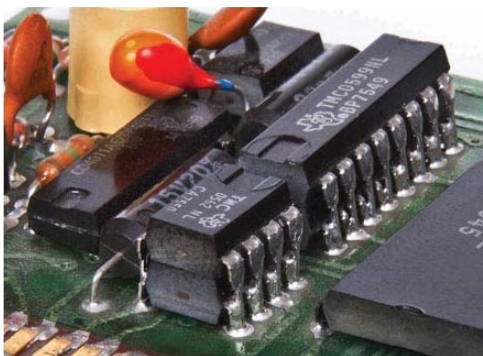


Рисунок 1. «Усовершенствованная» печатная плата калькулятора (начало 1980-х г.г.) содержит микросхемы в корпусах DIP, установленные друг на друга.

И все же, со временем требования высокой производительности стали предъявляться даже товарам потребительской сферы. Большая индуктивность и емкость корпусов DIP делают их непригодными для работы на высоких частотах. Кроме того, печатные

платы от размеров, рассчитанных на установку в стойки, сократились до компактных изделий с длиной стороны всего в несколько дюймов. Это привело к необходимости сокращать габариты корпусов ИМС за счет уменьшения стандартного шага выводов (2.54 мм). Например, 64-выводной корпус микропроцессора в начале 1980-х годов имел длину почти 3.5 дюйма и ширину около 1 дюйма (Рисунок 2). Однако уменьшение шага выводов для дальнейшей миниатюризации исключало возможность их монтажа в отверстия печатной платы, обуславливая, таким образом, необходимость революционного перехода к технологии поверхностного монтажа.

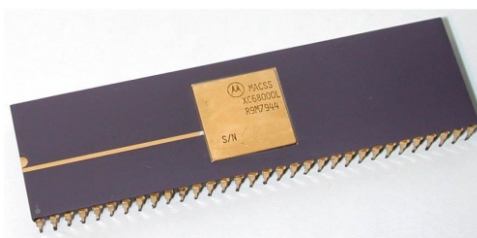


Рисунок 2. Микроконтроллер XC68000, выпущенный компанией Motorola в 1979 году.

При поверхностном монтаже выводы корпусов не вставляются в отверстия, а припаиваются непосредственно к контактным площадкам печатной платы (Рисунок 3). Шаг выводов корпуса можно сделать настолько малым, насколько позволяет допустимый шаг проводников платы и технологические ограничения выводных рамок. При пайке таких компонентов используется паяльная паста, заполняющая пространство между корпусом и печатным проводником и одновременно центрирующая корпус.



Рисунок 3. 16-контактный корпус SOIC.

Как с любой новой технологией, здесь не обошлось без детских болезней. Первоначально идею на корню убивала проблема плоскостности выводов корпуса. Все доступ-

ные способы формовки выводов приводили к образованию маленьких бугорков, которые препятствовали плотному контакту выводов с печатными проводниками, в результате чего выводы после оплавления оставались неприпаянными. Для решения этих проблем была создана целая подотрасль, которая производила оборудование для выравнивания выводов до тех пор, пока не возникла блестящая идея вместо пластиковых пеналов для упаковки и транспортировки компонентов поверхностного монтажа использовать лотки. Пластиковые пеналы? Да, именно пластиковые пеналы были традиционной упаковкой для элементов в корпусах DIP, и к моменту начала разработки изделий для поверхностного монтажа они были фактическим стандартом. Все оборудование для монтажа и контроля печатных плат в то время было рассчитано на пеналы, и пока происходила перестройка инфраструктуры под использование лотков, были созданы некоторые необычные концепции корпусирования, призванные минимизировать проблему неплоскостности. Один из примеров такой концепции – корпус с J-образными выводами, показан на Рисунке 4.

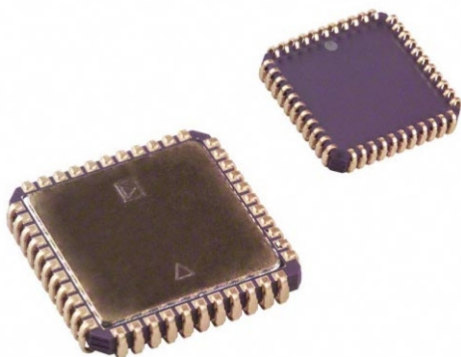


Рисунок 4. Пример одной из необычных концепций герметизации микросхем – корпус с J-образными выводами.

С приходом технологии поверхностного монтажа актуализировались вопросы всех аспектов надежности электронных компонентов. Способ сборки печатной платы радикально изменился. От волновой пайки перешли к пайке оплавлением в паровой фазе, а затем к пайке ИК оплавлением. Возникла проблема растрескивания корпусов, вызванного содержащейся в них влагой, поскольку во время монтажа теперь нагревался весь корпус элемента, а не только его выводы, как при волновой пайке. Механическая про-

чность припоя невысока, поэтому циклическое изменение температуры компонентов поверхностного монтажа приводило к появлению трещин в припое. Конференции были завалены документами, в которых детально обсуждались характеристики припоев, методы испытаний на надежность на уровне печатной платы, способы исключения влияния влаги на повреждения корпусов и технологии проектирования, позволяющие минимизировать недостатки поверхностного монтажа.

Приходилось решать и множество других задач. Самая сложная касалась контроля качества пайки. Из-за плотного шага контактных площадок на печатной плате возрастала вероятность появления коротких замыканий из-за «усов» олова. Кроме того, при использовании корпусов с мелким шагом выводов требовались переходные отверстия меньшего размера, для чего, в свою очередь, требовались более тонкие диэлектрики. Производители печатных плат, которые тогда не смогли идти в ногу с ужесточением технологических норм, утратили свои позиции и исчезли с рынка. Возросшая сложность печатных плат, связанная с переходом от двухсторонних плат к платам с количеством слоев 20 и более, потребовала разработки и внедрения новых инструментов их конструирования. С увеличением плотности компоновки корпусов острее встала проблема отвода тепла. По мере перехода КМОП технологии на более высокие частоты уровни мощности компонентов вырастали, и становящийся более плотным монтаж задачу терморегулирования отнюдь не упрощал. Изготовителями высокопроизводительных процессоров в начале 2000-х годов совершенно серьезно обсуждались вопросы конструирования чипов, рассеивающих мощность 400 Вт.

Архитектура непосредственно влияла на количество выводов микросхем. Переход от привычных 8 битных шин данных к 16-, 32- и 64-разрядным потребовал корпусов с сотнями, и даже тысячами контактов. Началось революционное внедрение корпусов, в которых расположенные по периферии кристалла металлические выводы были заменены матрицами шариков припоя, распределенными по всей поверхности схемы. Металлические выводные рамки уступили место подложкам. Вместо проволочных соединений появились перевернутые кристаллы с шари-

ками припоя. И миниатюрные корпуса вновь начали увеличиваться в размерах, чтобы предоставить место 3000 – 5000 выводам, необходимым для современных телекоммуникационных чипов.

В тоже время, взрывное развитие портативных средств связи, MP3 плееров, сотовых телефонов и смартфонов требовало от электронной промышленности создания еще более компактных корпусов. Популярным средством решения этой задачи стала технология упаковки WCSP (Wafer chip-scale package – корпус, имеющий размеры кристалла), особенностью которой является установка шариков припоя непосредственно на кристалл, в результате чего металлические межсоединения кристалла становятся корпусом микросхемы (Рисунок 5). К примеру, микросхема 1980-х годов в корпусе площадью около 2000 мм², изготовленная сегодня по технологии WCSP, занимала бы менее 20 мм². Но миниатюризация корпусов продолжается, шаг выводов становится все меньше, а их количество все больше. Не будет преувеличением сказать, что уменьшение размеров корпусов было не менее важным для электроники, чем неуклонное сокращение размеров транзистора.



Рисунок 5. 10-контактный корпус WCSP компании Maxim Integrated площадью примерно 3 мм².

Заглядывая в будущее: финиш еще далеко

Никто из нас не может заглянуть в магический кристалл, но некоторые тенденции, которые будут стимулировать разработку инновационных решений, очевидны уже сейчас. Ожидается широкое распространение имплантируемых устройств, которые позволят значительно увеличить мировой демографический возраст. Кардиостимуляторы,

дефибрилляторы, системы подачи инсулина, блокирующие боль регуляторы, вживляемые стимуляторы антидепрессантов, регуляторы Паркинсона, датчики артериального давления, глюкометры, искусственные сетчатки и сети датчиков для всего тела с функциями автоматической диагностики – вот лишь небольшая часть списка электронных устройств, которые применяются в современной стремительно развивающейся медицине. Эти устройства должны иметь сверхнизкое энергопотребление и, возможно, получать энергию непосредственно от тела человека. Размеры корпусов будут уменьшаться и дальше, а плотность монтажа необходимо будет увеличивать. Человеческое тело очень пластично, поэтому для таких приложений идеальными были бы гибкие системы межсоединений, пока еще не получившие широкого распространения.

Новые классы изделий, такие как автоматизированные домашние помощники, в недалеком будущем могут стать такими же привычными предметами нашего окружения, какими сегодня являются автомобили. 24 часа в сутки они будут оказывать содействие пожилым людям, или просто всем тем, кто, находясь в постоянных разъездах, нуждается в дополнительной помощи по дому. Эти «роботы» будут сильно отличаться от спекулятивных образов машин, нарисованных создателями научно-фантастических фильмов, обладая более ограниченным набором функциональных возможностей и не имея каких-либо антропоморфных признаков, которыми их наделяют в Голливуде. Наоборот, имея простые формы, они, скорее всего, будут заниматься приготовлением пищи, мытьем посуды, стиркой одежды, уборкой помещений и выполнением других вспомогательных задач. Для них потребуются интеграция всех видов датчиков, силовых элементов для управления десятками прецизионных шаговых двигателей и вычислительных ресурсов для распознавания изображений.

Те же системы распознавания изображений, которые необходимы автоматизированным бытовым помощникам, помогут создать полностью автономные автомобили. Вполне вероятно, что оснащенные соответствующей сетевой инфраструктурой интеллектуальные дороги в будущем сделают самостоятельное вождение автомобиля таким же противозаконным, как управление в нетрезвом виде сегодня. Или же, если люди выступают за

сохранение ручного управления, встроенная автомобильная электроника, по крайней мере, сведет к минимуму вероятность дорожных происшествий. Некоторые из подобных систем уже создаются. По мере того, как благодаря продолжающейся интеграции чипов и корпусов сложность и, соответственно, стоимость таких систем будут уменьшаться, сфера их применения станет быстро расширяться.

Размышляя над своей 30-летней карьерой в области корпусирования электронных ком-

понентов, я горжусь тем, что сыграл небольшую роль в развитии технологий, которые так революционизировали общество: Интернет, дешевые телекоммуникации, телевидение высокого разрешения, игровые системы, встречающиеся повсюду компьютеры, системы GPS навигации, энергоэффективные двигатели, системы освещения и многое другое, что позволила создать индустрия интегральных схем. Большинство этих устройств удивительно, но революция только начинается. Самое лучшее еще впереди. **РЛ**

Использование SD-карт в малых встраиваемых системах

Часть 2

Окончание. Начало в номере 11-2013

Михаил Русских, tau68@rambler.ru

Рассматривается библиотека *FatFs*, позволяющая работать с файловой системой FAT на SD-карте

Для того чтобы записанные на SD-карту данные можно было прочесть на компьютере, они должны быть упорядочены в соответствии со структурой файловой системы FAT (File Allocation Table или таблица размещения файлов). Для облегчения труда разработчиков малых встраиваемых систем при реализации таблицы FAT программистом под псевдонимом ChaN была написана библиотека *FatFs* [1], которая быстро приобрела популярность благодаря тому, что ее функциональность позволяет выполнять действия, характерные для серьезных операционных систем при работе с файлами и папками. На данный момент доступна версия R0.10, которая вышла в середине октября 2013 года.

Эта библиотека написана на ANSI C и состоит из нескольких файлов. Она представляет собой связующее программное обеспечение (middleware) между приложением и аппаратным интерфейсным модулем (Рисунок 3). Это значит, что библиотека не

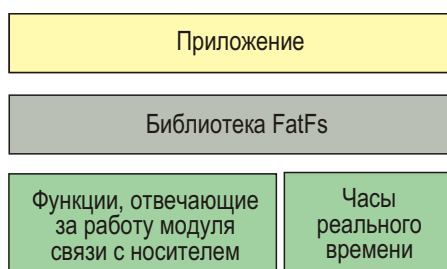


Рисунок 3. Место библиотеки *FatFs* в программной структуре малой встраиваемой системы.

зависит от аппаратной части и может быть использована с любым микроконтроллером. Портирование, то есть написание кода, связывающего аппаратную часть с *FatFs*, должен выполнить сам разработчик встраиваемой системы.

В библиотеку входят следующие файлы:

- *ff.c* и *ff.h* – являются основой *FatFs*, поскольку определяют функции, необходимые для работы с файловой системой.
- *diskio.c* и *diskio.h* – отвечают за низкоуровневый интерфейс, эти файлы должны быть изменены разработчиком в соответствии с используемым способом связи с носителем.
- *integer.h* – в этом файле можно задать используемые в библиотеке ключевые слова, определяющие тип данных, например, `typedef int INT`. Следует учитывать возможности этого файла при переходе с 8 разрядной системы на 32 разрядную и наоборот.
- *ffconf.h* – здесь определяются настройки библиотеки, например, `#define _FS_READONLY 0` разрешает чтение и запись на носитель, при выборе 1 запись была бы запрещена.

На Рисунке 4 показана взаимосвязь файлов библиотеки *FatFs* с приложением и отвечающими за работу модуля SDIO файлами, описанными в предыдущей части.

Для того чтобы модуль SDIO понимал команды *FatFs*, нужно определить содержи-

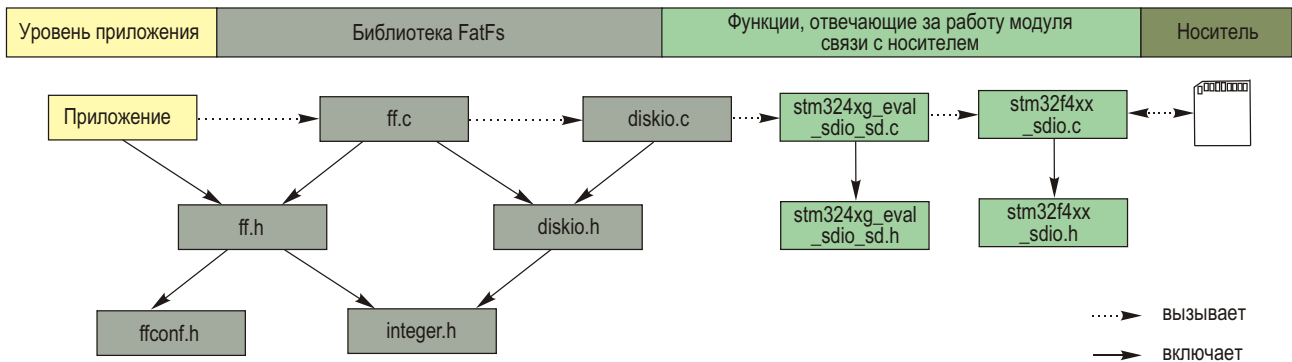


Рисунок 4. Взаимосвязь файлов.

мое функций файла *diskio.c*. Первым делом организуется функция **disk_initialize(drv)**. Она инициализирует физический диск и подготавливает его к чтению и записи данных. Аргумент *drv* определяет номер диска. В этой функции обязательно должна вызываться функция **SD_Init()**, которая непосредственно принимает на себя обязанности по инициализации SD-карты. Также следует учитывать, что функция **disk_initialize** не должна вызываться из приложения, поскольку она является служебной функцией в составе файла *ff.c*. Разработчик FatFs предупреждает, что в противном случае файловая структура носителя может быть испорчена. Вместо этого в приложении для монтирования диска нужно вызывать функцию **f_mount**, содержащую в себе **disk_initialize**. Функция **f_mount** будет рассмотрена ниже.

Следующей необходимой для правильной работы библиотеки функцией является **disk_status(drv)**. Она возвращает текущее состояние диска. В ней обязателен вызов функции **SD_GetCardInfo**, передающей информацию о SD-карте. При получении от **SD_GetCardInfo** флага **SD_OK** функция **disk_status** должна возвращать 0, в противном случае она должна вернуть флаг **STA_NOINIT**, это будет являться свидетельством того, что диск не был проинициализирован.

Для чтения секторов имеется функция **disk_read**, которая в качестве аргументов принимает четыре параметра: *drv* (номер диска), *buff* (указатель на буфер чтения данных), *sector* (номер начального сектора), *count* (количество читаемых секторов). В этой функции нужно организовать цикл, в котором функция **SD_ReadBlock** будет считывать блоки данных в указанном диапазоне (от *sector* до *count*). Чтобы прочитать данные,

нужно в функции **disk_write**, принимающей в качестве аргументов те же четыре параметра, что и **disk_read**, организовать подобный цикл, но уже с функцией **SD_WriteBlock**, позволяющей считывать информацию с SD-карты. Обе функции (**disk_read** и **disk_write**) обязательно должны предусматривать возвращение флага **RES_OK** в случае успешной операции, либо флага **RES_ERROR** при возникновении аппаратной ошибки чтения/записи. Также библиотека FatFs предусматривает возврат от этих функций флага **RES_PARERR** в случае приема неверного параметра и флага **RES_NOTRDY**, если диск не был инициализирован.

Также для организации дополнительной функциональности, не включающей в себя операции чтения и записи, существует функция **disk_ioctl**. В качестве аргументов она принимает *drv* (номер привода), *ctrl* (команду управления) и *buff* (указатель на буфер данных). Функция возвращает те же флаги, что и **disk_read** или **disk_write**. Аргумент *ctrl* может принимать следующие значения: **CTRL_SYNC** (позволяет завершить операции, ожидающие окончания процесса записи), **GET_SECTOR_SIZE** (возвращает размер сектора привода в переменную, на которую указывает *buff*), **GET_SECTOR_COUNT** (возвращает количество доступных секторов в переменную, на которую указывает *buff*), **GET_BLOCK_SIZE** (возвращает размер блока для очистки в переменную, на которую указывает *buff*), **CTRL_ERASE_SECTOR** (очищает область памяти, определяемую массивом, первым элементом которого является начальный адрес этой области памяти, а последним элементом – конечный; на сам массив должен указывать *buff*).

Наконец, в файле *diskio.c* нужно организовать работу еще двух зависящих от времени

Таблица 2. Флаги, возвращаемые функциями библиотеки FatFs.

<i>FR_OK</i>	Функция завершена успешно
<i>FR_DISK_ERR</i>	Ошибка, возникшая на нижнем уровне (в функциях disk_read , disk_write или disk_ioctl)
<i>FR_INT_ERR</i>	Ошибка во внутреннем процессе, возникающая, например, при поврежденной структуре FAT
<i>FR_NOT_READY</i>	Привод не может функционировать из-за ошибки предыдущего размонтирования или из-за ошибки в функции disk_initialize
<i>FR_NO_FILE</i>	Файл не найден
<i>FR_NO_PATH</i>	Путь не найден
<i>FR_INVALID_NAME</i>	Заданная строка определяет неверный путь
<i>FR_DENIED</i>	Запрашиваемый доступ запрещен
<i>FR_EXIST</i>	Файл или каталог, имеющий то же имя, уже существует
<i>FR_INVALID_OBJECT</i>	Объект (файл или каталог) является недействительным, или был задан нулевой указатель
<i>FR_WRITE_PROTECTED</i>	Неудачная попытка записи при активном режиме «Только чтение»
<i>FR_INVALID_DRIVE</i>	Неверный номер диска в указанном пути
<i>FR_NOT_ENABLED</i>	Рабочая область логического диска не зарегистрирована с помощью функции f_mount
<i>FR_NO_FILESYSTEM</i>	На приводе нет рабочей области FAT
<i>FR_MKFS_ABORTED</i>	Работа функции f_mkfs была прервана
<i>FR_TIMEOUT</i>	Выполнение функции отменено по истечении времени, определяемого блоком управления потоками
<i>FR_LOCKED</i>	Доступ к файлу отклонен из-за одновременной работы с другим файлом
<i>FR_NOT_ENOUGH_CORE</i>	Недостаточно памяти для выполнения операции
<i>FR_TOO_MANY_OPEN_FILES</i>	Количество открытых файлов достигло максимального значения, следующий файл не будет открыт
<i>FR_INVALID_PARAMETER</i>	Заданный параметр неверен

функций – **disk_timerproc** и **get_fattime**. Первая обеспечивает таймауты для надежного функционирования библиотеки. Ее нужно вызывать каждые 10 мс. Вторая возвращает текущее время выполнения определенной операции. Для ее правильной работы нужно включить и настроить часы реального времени. Если это не нужно, то можно организовать возврат какого-либо определенного значения или нуля. Подробный пример правильной инициализации всех вышеприведенных функций можно найти в [2]. Данная программа предназначена для микроконтроллеров STM32F407xxx/42xxx/43xxx и основана на работе модуля SDIO и драйвера `stm324xg_eval_sdio_sd`.

Теперь перейдем непосредственно к рассмотрению работы библиотеки FatFs в рамках приложения. Как уже было сказано выше, для монтирования и регистрации диска используется функция **f_mount** с тремя аргументами *fatfs*, *path* и *opt*. Аргумент *fatfs* является указателем на объект файловой системы, который должен быть зарегистрирован, *path* указывает на строку, которая в случае единственного привода должна быть пустой,

opt определяет опцию инициализации и может принимать два значения: 0 (не монтировать привод, он будет смонтирован позже) и 1 (смонтировать привод сейчас, чтобы проверить его доступность). Функции библиотеки FatFs могут возвращать флаги, перечисленные в Таблице 2. **f_mount** возвращает *FR_OK*, *FR_INVALID_DRIVE*, *FR_DISK_ERR*, *FR_NOT_READY* и *FR_NO_FILESYSTEM*.

Для того чтобы создавать файлы и работать с ними используется функция **f_open**. Она создает файловый объект, необходимый для доступа к конкретному файлу. Функция принимает три аргумента: **fp* (указатель на структуру данных объекта файла), **path* (указатель на строку с именем файла) и *mode* (определяет тип доступа и метод открытия файла). Аргумент *mode* может быть представлен одним или несколькими флагами: *FA_READ* (позволяет считывать из файла), *FA_WRITE* (позволяет записывать в файл), *FA_OPEN_EXISTING* (открывает уже имеющийся на диске файл), *FA_OPEN_ALWAYS* (либо открывает существующий файл, либо создает новый), *FA_CREATE_NEW* (создает новый файл) и *FA_CREATE_ALWAYS* (созда-

ет новый файл; если файл с таким именем существует, то он будет перезаписан). Функция **f_open** может возвращать все перечисленные в Таблице 2 флаги, кроме *FR_INVALID_OBJECT*, *FR_MKFS_ABORTED* и *FR_INVALID_PARAMETER*. После работы с файлом требуется его закрыть, для этого существует функция **f_close**. Она принимает только один аргумент **fp* и может вернуть *FR_OK*, *FR_DISK_ERR*, *FR_INT_ERR*, *FR_NOT_READY*, *FR_INVALID_OBJECT* и *FR_TIMEOUT*.

Для чтения и записи данных служат функции **f_read** и **f_write**, соответственно. Они обе принимают четыре аргумента: **fp*, **buff* (указатель на буфер, куда будут записаны прочитанные данные, или где содержатся записываемые данные), *btr* или *btw* (количество байт для чтения или для записи, соответственно), **br* или **bw* (указатели на переменную для возврата количества прочитанных или записанных байтов). Эти функции могут возвращать *FR_OK*, *FR_DISK_ERR*, *FR_INT_ERR*, *FR_NOT_READY*, *FR_INVALID_OBJECT* и *FR_TIMEOUT*. Следует отметить, что функция **f_write** недоступна при включенном режиме «только чтение», то есть при *_FS_READONLY=1*.

Для полноценной работы с файловой системой нужно уметь выполнять операции не только над файлами, но и над каталогами. Создать новый каталог можно с помощью функции **f_mkdir**, которая принимает строку (аргумент **path*), указывающую имя каталога и полный путь. Если задать **f_mkdir("sub1")**, то каталог *sub1* будет создан в корневом каталоге, если записать **f_mkdir("sub1/sub2")**, то подкаталог *sub2* будет создан в *sub1*. Здесь также следует учитывать, что строка не должна заканчиваться символом «/». Для того, чтобы получить доступ к каталогу, то есть открыть его, используют функцию **f_opendir**. Ее аргументами являются указатель на незаполненную структуру объекта директории **dp* и указатель **path* на определяющую путь строку. Чтобы поменять текущую директорию диска применяют **f_chdir** с единственным аргументом **path*, указывающим на директорию, которая станет текущей.

Для удаления файла или каталога используется функция **f_unlink**. Она принимает только **path* – указатель на строку, которая задает имя удаляемого объекта. При этом удаляемый объект не должен иметь атрибута «Толь-

ко чтение», удаляемый файл не должен быть открыт, удаляемая директория не должна быть текущей и обязательно должна быть пустой.

При работе с файлами и папками иногда возникает необходимость в их переименовании. Для этого имеется функция **f_rename**. Ее аргументами являются указатели **old_name* и **new_name*. Первый указывает на строку, которая содержит текущее имя объекта, а второй на строку с новым именем объекта. Помимо обычного переименования функция позволяет переносить объект в другую директорию. Например, запись **f_rename("oldname.txt", "dir1/newname.txt")** переименует файл *oldname.txt* в *newname.txt* и переместит его в каталог *dir1*.

Библиотека *FatFs* позволяет не только работать с файлами и каталогами, но и выполнять действия на более фундаментальном уровне, то есть делить физический диск на разделы и создавать на диске файловую систему FAT. Первое можно осуществить с помощью функции **f_fdisk**, принимающей аргументы *drv* (определяет номер физического диска, который будет разбит на разделы), *part[]* (таблица карты разделов, имеющая 4 элемента) и *work* (определяет размер рабочей области для функции; минимальный размер указывается в переменной *_MAX_SS*). Разбивка на разделы выполняется в соответствии с форматом *FDISK*, допускающим создание максимум 4 разделов. Соотношение объемов разделов определяется вторым аргументом функции, который можно задать, например, как *DWORD plist[] = {50, 50, 0, 0}*, что будет означать разбиение диска на два логических раздела с одинаковым объемом. Для дальнейшего форматирования диска в соответствии с *FAT* используют функцию **f_mkfs**, принимающую аргументы **path* (указатель на логический номер диска, который должен быть отформатирован), *sfd* (правило разбиения на разделы) и *au* (задает размер единицы данных в байтах). Аргумент *sfd* может принимать два значения: 0 или 1. В первом случае предусматривается правило разбиения *FDISK*, во втором – *SFD*. При работе с твердотельными накопителями, в том числе и с *SD*-картами, следует выбирать по умолчанию 0. Правило *SFD* подходит для работы с гибкими дисками, поскольку не предусматривает разделы диска, при этом *FAT* начинается с первого сектора физического диска. С помощью аргумента *au* можно при-

нудительно задать размер кластера, это число должно быть 2^n . Именно оно определяет тип используемой файловой системы: FAT12, FAT16 или FAT32.

Библиотека FatFs имеет еще ряд дополнительных функций, облегчающих работу с файловой системой FAT, но их рассмотрение в рамках одной статьи не представляется возможным. Тем не менее, описанные выше функции предоставляют необходимый функ-

ционал, позволяющий форматировать диски, создавать, перемещать и удалять файлы и каталоги, а также записывать и считывать информацию, то есть делать то, что может обычный менеджер файлов. **РЛ**

Список источников

1. <http://elm-chan.org/fsw/ff/ff10.zip>
2. <https://skydrive.live.com/?cid=36f4d1230f8a673c&id=36F4D1230F8A673C%213330>

Устойчивость тиристора к dV/dt можно значительно повысить

Marian Stofka

EDN

Тиристор – это переключательный полупроводниковый прибор, теоретические основы которого были сформулированы в публикациях Джона Молла (John Moll) и его соавторов еще в 1956 году [1]. И хотя маломощные тиристоры практически исчезли со сцены, на которой их заменили высоковольтные биполярные транзисторы, MOSFET и IGBT, в области коммутации мегаваттных мощностей они по-прежнему не имеют конкурентов. Тиристоры с рабочими токами 2 кА и напряжением 1.2 кВ используются в драйверах локомотивных двигателей, в устройствах управления плавильными печами на предприятиях по производству алюминия, и еще во множестве приложений.

Тиристор представляет собой четырехслойное полупроводниковое устройство, транзисторный эквивалент которого можно представить схемой, изображенной на Рисунке 1а.

Устройство остается в выключенном состоянии до тех пор, пока через управляю-

щий электрод 1 (далее называемый «затвор») не будет пропущен положительный импульс тока. После этого четырехслойная структура между анодом и катодом включается, и ток управляющего электрода становится больше не нужным. Для включения тиристора здесь может с равным успехом использоваться и база Q2, однако в монолитных тиристорах обычно используется только один управляющий электрод возле катодной области.

Более реалистичная транзисторная модель, показанная на Рисунке 1б, содержит резисторы между переходами база-эмиттер обоих транзисторов. В результате исключается возможность нежелательного включения токами утечек Q1 и Q2, и ток затвора имеет определенное значение, равное

$$I_{G1} = \frac{V_{BE1}}{R_{B1}}$$

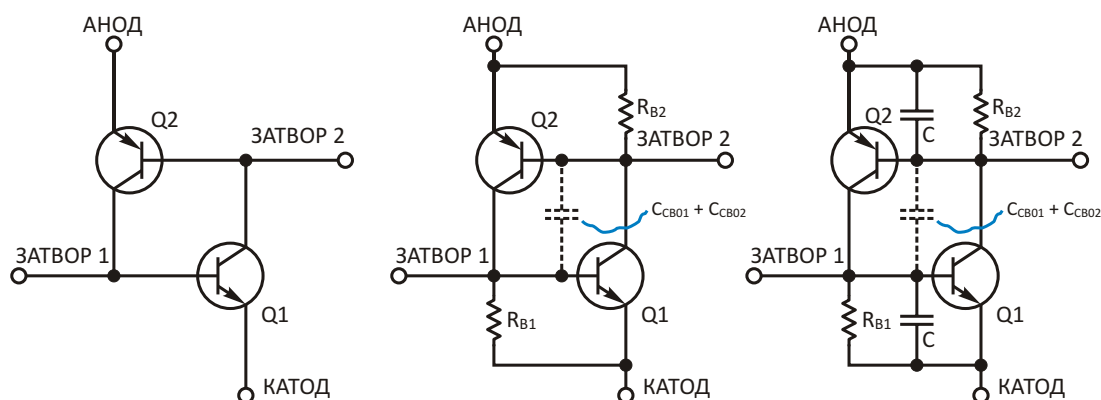


Рисунок 1. Упрощенный транзисторный эквивалент тиристора (а). Схема с хорошо контролируруемыми и вычисляемыми токами затвора и удержания (б). Усовершенствованная схема надежно защищает от нежелательного включения при скачке анодного напряжения (в).

Одним из общих ограничений тиристоров является скорость нарастания анодного напряжения, которая, в случае превышения определенного порога, становится причиной включения тиристора даже при нулевом токе затвора. Такое напряжение возникает на стороне коммутируемой индуктивной нагрузки в то время, когда ток анода, стремясь к нулю, падает ниже уровня удержания. При этом накопленная в индуктивности энергия стремится резко поднять напряжение на аноде. Напряжение с большой крутизной нарастания возникает также при коммутации резистивных нагрузок комбинацией из двух (как минимум) тиристоров, соединенных подобно аналоговому мультиплексу, когда включение одного из тиристоров вызывает резкое повышение анодного напряжения на другом тиристоре.

Для схемы на Рисунке 1б критическим значением скорости нарастания коммутируемого напряжения будет:

$$S_{Vcrit} = \frac{V_{BE0}}{C_{CB01} C_{CB02} R_B}, \quad (1)$$

где

V_{BE0} 0.7 В, типичное напряжение, при котором открывается кремниевый транзистор,

C_{CB01} и C_{CB02} – емкости коллектор-база транзисторов Q1 и Q2.

В связи с тем, что емкости этих конденсаторов уменьшаются с ростом напряжения коллектор-эмиттер, в уравнении (1) следует использовать максимальные значения емкостей. Для транзисторов, использованных в схеме на Рисунке 2, емкости можно оценить величиной $C_{CB01} + C_{CB02} < 20$ пФ. При $R_{B1} = R_{B2} = 6.8$ кОм это дает $S_{Vcrit} = 5$ В/мкс, что значительно меньше типичной для монолитных тиристоров скорости, достигающей $S_{Vcrit} = 100$ В/мкс. Ситуацию могло бы исправить снижение сопротивлений резисторов R_{B1} и R_{B2} , однако за это пришлось бы заплатить потерей чувствительности затвора. (Изображенная на Рисунке 1б схема может быть сделана настолько чувствительной, что для ее включения будет достаточно тока порядка 100 мкА – одной десятой от тока управления, типичного для маломощных монолитных тиристоров).

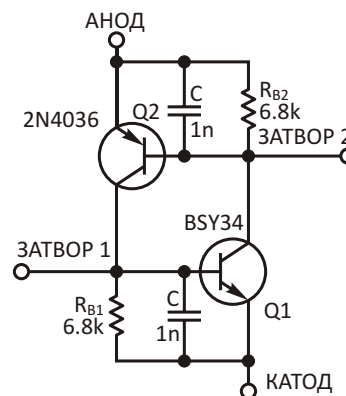


Рисунок 2. После добавления двух керамических конденсаторов емкостью 1 нФ схема перестает реагировать на скачки V анодного напряжения с уровнями до 10 В.

Однако есть способ, показанный на Рисунке 1в, который позволяет увеличить критическую скорость нарастания напряжения, сохранив низкий отпирающий ток затвора. Если параллельно переходам база-эмиттер NPN и PNP транзисторов включить по конденсатору C , критическую скорость нарастания, теоретически, можно сделать бесконечной. Величина емкости C равна:

$$C = \frac{2 C_{CB01} C_{CB02}}{V_{BE0}} \quad \text{В.} \quad (2)$$

Для простоты здесь принято, что нарастание анодного напряжения во время скачка на величину V происходит по линейному закону. Практический предел определяется максимально допустимым током базы используемых транзисторов:

$$S_{Vcrit} = \frac{I_{Bmax}}{C_{CB01} C_{CB02}}. \quad (3)$$

Допустив, что $I_{Bmax} = 200$ мА, из уравнения (3) мы получим вполне правдоподобное значение $S_{Vcrit} = 100$ кВ/мкс.

В результате экспериментов для схемы на Рисунке 2 был выбран PNP транзистор 2N4036, отличающийся самым уверенным и надежным переключением. Его максимальный базовый ток равен 500 мА, а максимальный ток коллектора – 1 А. При скачкообразных изменениях напряжения на аноде изображенного на Рисунке 2 дискретного тиристора ($V = 9$ В за 30 нс, или 300 В/мкс) не произошло ни одного включения. **РЛ**

Транзисторная схема отключения нагрузки для микроконтроллеров

Didier Juges

EDN

Очень многие устройства на микроконтроллерах предназначены для управления питанием таких силовых устройств, как, например, электродвигатели или пускатели. Обычно для этого используются биполярные транзисторы или MOSFET, которыми управляет микроконтроллер, возможно, через дополнительную схему сдвига уровней.

Подобным схемам управления питанием, основанным на микроконтроллерах, присущ один потенциальный недостаток. Если управляемое устройство неисправно или функционирует неправильно, перегружая источник питания системы, напряжение питания микроконтроллера может снизиться до критического уровня, вызвав его перезагрузку. Типичное состояние по умолчанию, в которое про-

цессор переходит после перезагрузки, как правило, одно – отключение питания управляемого устройства. Таким образом создается иллюзия того, что все заработало снова, но это лишь до тех пор, пока на устройство снова не поступит питание.

Подобный механизм самоустранения неисправности, как правило, усложняет процедуры поиска и устранения неполадок в системе. Избежать такой ситуации можно, позаботившись о постоянном питании микроконтроллера, чтобы, с одной стороны, упростить выявление неисправностей, а с другой, защитить управляемое устройство от чрезмерных токов.

Типичное решение этой задачи заключается в использовании одной из специализи-

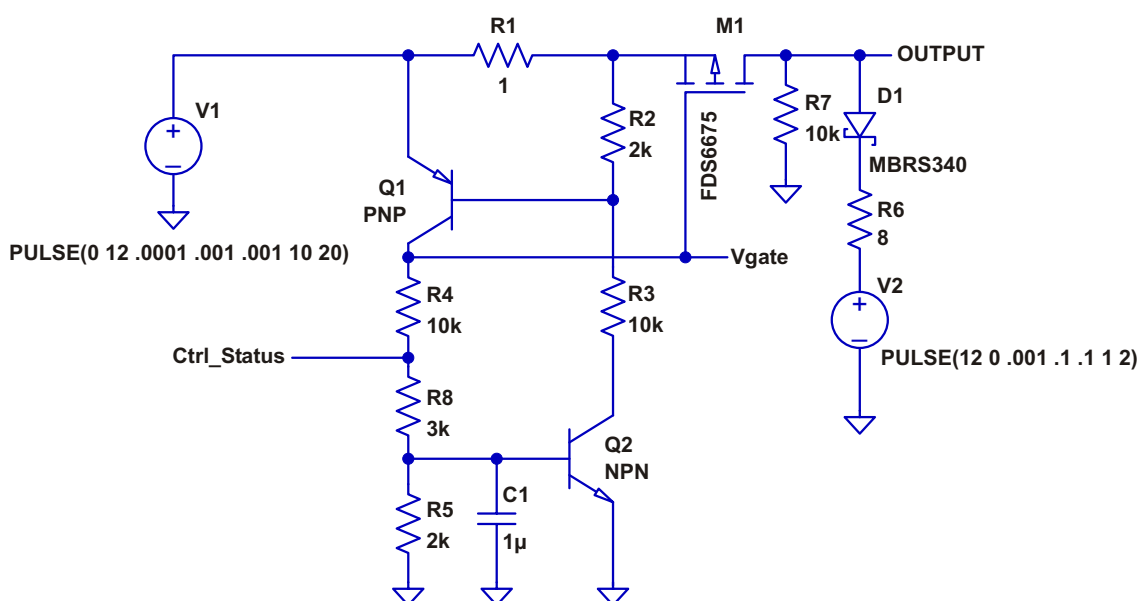


Рисунок 1. Принципиальная схема выключателя нагрузки для микроконтроллеров, созданная в симуляторе LT Spice.

рованных микросхем, разработанных для горячего подключения (называемых контроллерами горячей замены). Из всех распространенных микросхем такого назначения можно выделить драйвер верхнего плеча с интегрированной схемой защиты LT1910, выпускаемый компанией Linear Technology. Микросхемы интересны широким диапазоном напряжений питания (не только 3 В или 5 В), функцией автоматического перезапуска и наличием вывода управления. Тем не менее, по мнению автора, есть несколько причин отказаться от их использования:

- микросхемы питаются от одного источника;
- приборы недешевы;
- количество необходимых внешних компонентов достаточно велико;
- для управления микросхемой и контроля ее статуса (определения момента возникновения неисправности) потребуются две линии ввода/вывода микроконтроллера (хотя LT1910 может быть настроена на использование только одной).

Автор разработал свою транзисторную схему выключателя нагрузки, обладающую рядом преимуществ. В схеме используются два биполярных транзистора, один P-канальный MOSFET и несколько пассивных элементов. На схеме, созданной в симуляторе LT Spice, указаны номиналы элементов для напряжения питания 12 В, максимального тока нагрузки 700 мА и логического интерфейса для микроконтроллера с 5 В логическими уровнями (Рисунок 1). Для других напряжений питания или логических уровней достаточно изменить сопротивления резисторов R4 и R8, а настроить схему на другой ток нагрузки можно заменой резистора R1. (Обратите внимание, что компоненты V2, D1, R6 и R7 предназначены для моделирования нагрузки в симуляторе и не являются частью реальной схемы).

Основным недостатком предлагаемой схемы по сравнению с интегральным контроллером горячей замены является относительно большое падение напряжения на резисторе датчика тока R1, которое при токе, равном порогу отключения, составляет примерно 0.7 В. Еще один недостаток – непостоянство порога отключения. Объясняется это температурной зависимостью напряжения VBE транзистора Q1, которое изменяется с крутизной 1.8 мВ/К (0.25%/К). Если для вашей

приложения это несущественно, то такая схема будет оптимальным решением благодаря ее дешевизне и гибкости, а также широкой доступности компонентов.

Преимуществом перед большинством интегральных решений является однопроводный интерфейс управления и контроля статуса (вывод Ctrl_Status). После включения схемы микроконтроллер настраивает вывод Ctrl_Status на вход и периодически проверяет его состояние, чтобы убедиться, что выключатель нагрузки не сработал.

Схема работает следующим образом. Линия Ctrl_Status подключается к порту ввода/вывода любого микроконтроллера. Если вы не хотите, чтобы контролируемая нагрузка включалась автоматически при подаче питания, сделайте так, чтобы в начальный момент на этой линии был установлен высокий логический уровень. «Лог. 1» на линии Ctrl_Status гарантирует, что транзисторы Q1 и Q2 будут включены, и потенциал затвора M1 будет близок к потенциалу стока, удерживая MOSFET закрытым во время подачи питания.

Для включения схемы и подачи напряжения питания на нагрузку микроконтроллер на короткое, но достаточное для разряда конденсатора C1 время устанавливает на линии Ctrl_Status уровень «лог. 0», а затем настраивает линию ввода/вывода как вход (состояние высокого импеданса). Импульс низкого логического уровня выключает транзистор Q2, который, в свою очередь, выключает транзистор Q1, в результате чего затвор транзистора M1 оказывается подключенным к «земле», и MOSFET включается, оставаясь открытым все время, пока вывод Ctrl_Status удерживается в высокоимпедансном состоянии, а транзисторы Q1/Q2, соответственно, выключены.

При возникновении перегрузки по току транзистор Q1 включается, открывая транзистор Q2. Оба транзистора Q1/Q2 будут удерживать друг друга во включенном состоянии (а MOSFET в выключенном) до тех пор, пока на выводе Ctrl_Status снова не появится низкий логический уровень.

В случаях, когда в нагрузке используются фильтрующие конденсаторы, во время подачи на нее питания выходной ток на мгновение может превысить пороговое значение срабатывания схемы. Для предотвращения таких паразитных явлений необходимо только уве-

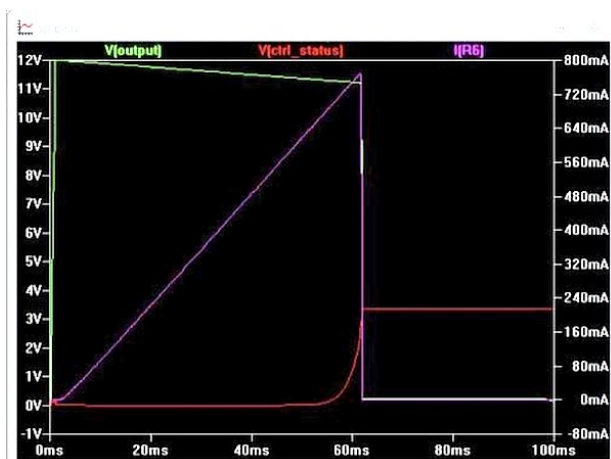


Рисунок 2. Результат работы схемы выключателя нагрузки в симуляторе LT Spice.

лчить длительность импульса низкого уровня на выводе Ctrl_Status. Пока на этом выводе присутствует низкий уровень, транзистор Q1 будет удерживать MOSFET в режиме огра-

ничения тока, а Q1 не сможет его закрыть. Использование режима ограничения позволит избежать больших скачков тока в источнике питания.

Конденсатор C1 обеспечивает дополнительную фильтрацию в случаях, когда нагрузка в обычном режиме создает короткие импульсы токовых помех. В момент появления таких импульсов транзистор Q1 ограничит ток, но схема не отключит нагрузку, если длительность импульсной помехи не превысит время, определяемое конденсатором C1.

Выходные данные симулятора LT Spice позволяют продемонстрировать работу схемы (Рисунок 2). Вы видите, что потребляемый нагрузкой ток I(R6) нарастает, и при значении около 750 мА выходное напряжение падает до нуля.

Схема хорошо зарекомендовала себя в различных проектах автора. [РЛ](#)

Синхронные понижающие преобразователи 42 В/2.5 А с током потребления 2.5 мкА

Linear Technology

Design Note 504

Введение

Выпускаемые компанией Linear Technology микросхемы синхронных понижающих преобразователей LT8610 и LT8611 могут отдавать в нагрузку ток до 2.5 А при входном напряжении до 42 В. Высокое входное и низкое выходное напряжения приборов отвечают строгим требованиям автомобильных, промышленных и коммуникационных приложений. Встроенный синхронный выпрямитель в сочетании с использованием экономичного пульсирующего режима (Burst Mode) позволили поднять КПД преобразования до 96% и снизить собственный ток потребления до 2.5 мкА.

Высокая эффективность синхронного выпрямления

Замена внешнего диода Шоттки внутренним синхронным силовым ключом позволяет

не только уменьшить размеры схемы, но также повысить КПД и снизить рассеиваемую мощность. Повышение КПД имеет особенно большое значение для приложений с низким напряжением питания, где на диоде Шоттки падает относительно большая часть выходного напряжения. На Рисунке 1 изображена схема преобразователя напряжения 12 В/3.3 В. Из Рисунка 2 можно увидеть, что КПД этой схемы достигает 94%, на 5%-10% превышая КПД асинхронных схем.

Высокая надежность, компактная индуктивность

Разработчики микросхем LT8610 и LT8611 преследовали цель создания таких приборов, которые позволяли бы использовать внешние катушки индуктивности с размерами, определяемыми требованиями к нагрузке на выходе, а не максимальным током мик-

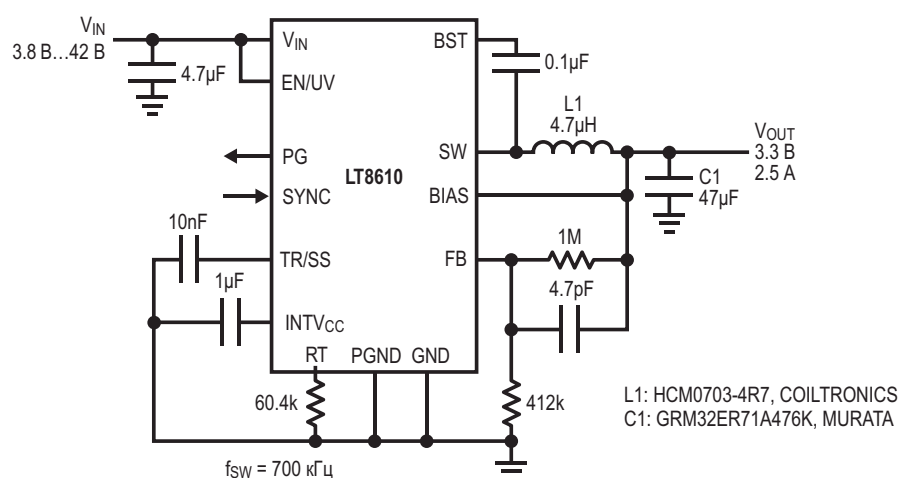


Рисунок 1. Этот понижающий преобразователь 12 В/3.3 В на микросхеме LT8610 имеет очень высокий КПД.

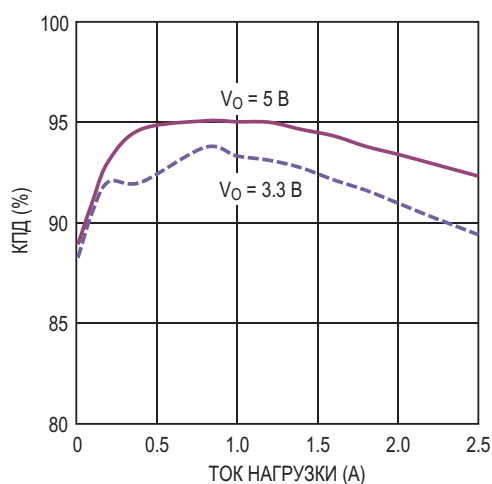


Рисунок 2. КПД схемы, изображенной на Рисунке 1, может достигать 94%.

росхемы. При перегрузке или коротком замыкании микросхемы уверенно переносят работу с насыщенной катушкой индуктивности благодаря быстродействующему узлу отслеживания пиковых значений тока и надежной конструкции ключей. Так, например, в схемах, требующих максимального тока 1.5 А, может использоваться индуктивность со среднеквадратичным значением рабочего тока более 1.5 А и номинальным током насыщения более 1.9 А. Такая гибкость позволяет разработчику выбирать более малогабаритные индуктивности для приложений, ток потребления которых меньше максимального выходного тока микросхемы преобразователя.

Мониторинг и управление током в микросхеме LT8611

LT8611 функционально аналогична микросхеме LT8610, но дополнительно в нее интегрированы усилитель датчика тока и элементы петли управления с выводами ISN, ISP, IMON и ICTRL. Выводы ISN и ISP подключаются к внешнему резистивному датчику тока, который может соединяться последовательно с входом микросхемы или с ее выходом, а также с любой другой точкой системы, в которой требуется измерение тока. Петля управления ограничивает выходной ток LT8611, не допуская превышения напряжением между выводами ISP и ISN порогового уровня 50 мВ. Подачей на вывод ICTRL напряжения в диапазоне 0 ... 1 В пользователь имеет возможность изменять этот порог от 0 до 50 мВ. На выходе IMON микросхема, в соответствии с формулой $20 (ISP - ISN)$, фор-

мирует напряжение, пропорциональное измеренному току, который можно легко контролировать с помощью внешнего АЦП.

Цепь измерения и мониторинга тока микросхемы LT8611 может использоваться для ограничения тока короткого замыкания или для создания источников питания с одновременной стабилизацией тока и напряжения. На Рисунке 3 показана временная диаграмма работы микросхемы в режиме контроля и ограничения тока при коротком замыкании нагрузки. Для создания особо качественных и надежных систем питания LT8611 может подключаться к микроконтроллеру, имеющему входы АЦП и ЦАП. Типичными примерами применения прибора являются схемы слежения за точкой оптимальной мощности (MPPT) в контроллерах заряда для солнечных батарей и программируемые источники тока для питания светодиодов.

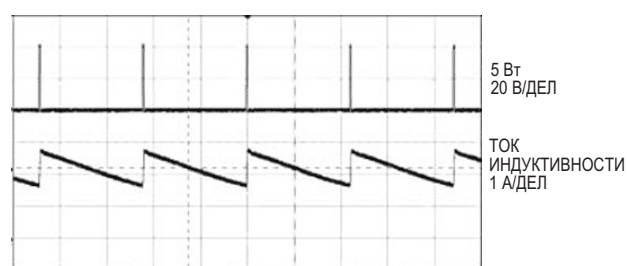


Рисунок 3. Работа микросхемы LT8611 в режиме контроля и ограничения тока при коротком замыкании.

Широкий диапазон входных напряжений при рабочей частоте 2 МГц

Как хорошо известно, чем выше частота переключения преобразователя, тем меньше размеры созданного на его основе решения. Поэтому преобразователи с частотой переключения 2 МГц часто применяются в автомобильных системах для исключения интерференции с вещательными станциями АМ диапазона и минимизации площади, занимаемой на печатной плате.

Высокая частота переключения, однако, требует принятия некоторых компромиссов, включая сужение диапазона входных напряжений, что важно для автомобильных и промышленных систем. Тем не менее, микросхемы LT8610 и LT8611 позволяют свести эти ограничения к минимуму, совмещая высокую рабочую частоту с большим коэффициентом

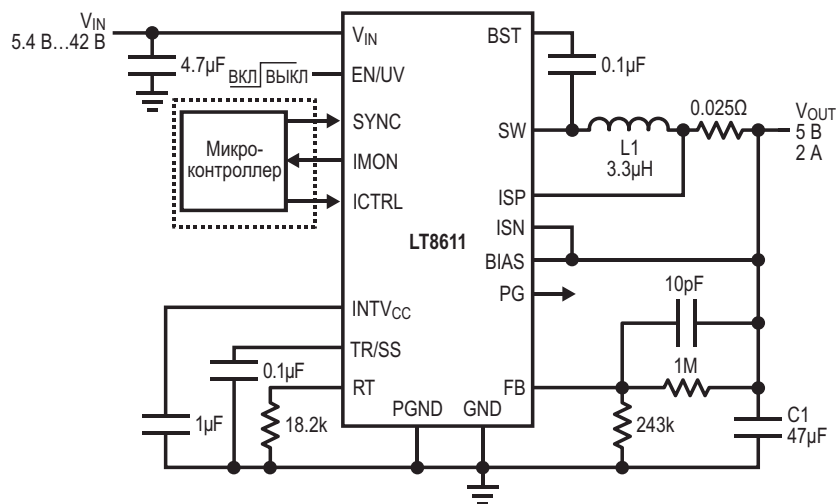


Рисунок 4. Работающая на частоте 2 МГц микросхема LT8611 не создает интерференции с вещательными станциями АМ диапазона и позволяет создавать более компактные схемы источников питания при высоком коэффициенте заполнения импульсов.

преобразования. Это достигнуто снижением минимального времени включения силового ключа (типичное значение 50 нс) и малым падением напряжения, даже на частоте 2 МГц. На Рисунке 4 представлена схема преобразователя 5 В/2 А, работающего на частоте 2 МГц в диапазоне входных напряжений от 5.4 до 42 В. Порог ограничения тока установлен на уровне 2 А.

Работа при малом падении напряжения

Даже в том случае, когда входное напряжение сравняется с выходным, LT8610 и LT8611 останутся в режиме стабилизации,

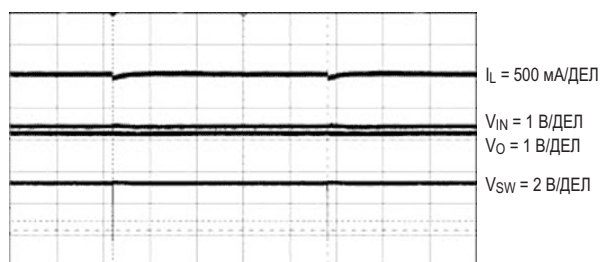


Рисунок 5. Временные диаграммы, демонстрирующие величину падения напряжения на микросхемах LT8610/LT8611.

пропуская циклы выключения силовых ключей и снижая частоту переключения, при этом коэффициент заполнения импульсов может достигать 99.8%. Если же снижение входного напряжения продолжится, выходное напряжение будет отслеживать входное, всегда оставаясь меньше на 450 мВ (при токе нагрузки 2 А). Сохранить высокий КПД микросхемы в таких условиях помогает конденсатор вольтодобавки, подключаемый в выводу BST. Временные диаграммы, позволяющие оценить величину падения напряжения на микросхеме, показаны на Рисунке 5.

Выводы

Высокоэффективные и надежные микросхемы конфигурируемых синхронных понижающих преобразователей LT8610 и LT8611 с максимальным выходным током 2.5 А и максимальным входным напряжением 42 В в режиме покоя потребляют 2.5 мкА. Миниатюрные приборы работают в режиме стабилизации тока, а LT8611 имеет дополнительный режим стабилизации тока. Такое сочетание возможностей идеально подходит для применения микросхем в автомобильных и промышленных приложениях. **РЛ**

Как получить чистую синусоиду из модифицированной

Часть 2

Окончание. Начало в номере 11-2013

Валентин Володин

Конструктивный расчет дросселя

Для начала определим максимальные напряжения и токи в обмотках линейных дросселей L1 – L3. Определим токи и напряжения по упрощенным формулам, которые справедливы для случая, когда входное напряжение стабилизатора изменяется в диапазоне от 150 до 260 В, а выходное равно 220 В.

Найдем действующий ток в обмотке дросселя L1 для случая полностью активной нагрузки:

$$I_{L1} = \frac{P_{MAX}}{U_{MIN}} \cdot 1.1 = \frac{1000}{150} \cdot 1.1 = 7.33 \text{ А.}$$

Найдем действующий ток в обмотке дросселя L2:

$$I_{L2} = 1.45 I_{L1} = 1.45 \cdot 7.33 = 10.63 \text{ А.}$$

Найдем действующий ток в обмотке дросселя L3:

$$I_{L3} = 1.2 I_{L1} = 1.2 \cdot 7.33 = 8.8 \text{ А.}$$

Чтобы линейные дроссели гарантированно не насыщались, они должны рассчитываться на определенное переменное напряжение. С некоторым запасом можно считать, что к обмоткам дросселей прикладываются напряжения, средние значения которых равны $U_{L1} = 250 \text{ В}$ для дросселя L1, $U_{L2} = 100 \text{ В}$ для дросселя L2 и $U_{L3} = 45 \text{ В}$ для дросселя L3.

Так как процедура расчета для всех дросселей аналогична, то для примера произведем конструктивный расчет дросселя L2. В качестве сердечника дросселя используем стандартный сердечник типа ШЛ, навитый лентой толщиной 0.35 мм, выполненной из холоднокатаной электротехнической стали типа 3411 (Э310). Значение максимальной индукции B_M в сердечнике линейного дросселя не должно превышать 1.5 Тл для холоднокатаной стали и 1.2 Тл для горячекатаной. Будем считать, что максимальная плотность тока в обмотке дросселя составляет $J = 3.5 \text{ А/мм}^2$, а коэффициент заполнения окна $k_O = 0.35$. Для ленты толщиной 0.35 мм коэффициент заполнения сердечника составит $k_C = 0.93$.

Найдем минимальные габаритные размеры сердечника:

$$S_C S_O = \frac{0.5 U_L I_L}{B_M k_C k_O J} = \frac{0.5 \cdot 100 \cdot 10.63}{1.5 \cdot 0.93 \cdot 0.35 \cdot 3.5} = 311 \text{ см}^4.$$

По таблице определяем, что нам подходит сердечник ШЛ32x40. Этот сердечник имеет площадь сечения $S_C = a \cdot b = 3.2 \cdot 4 = 12.8 \text{ см}^2$ и площадь окна $S_O = c \cdot h = 3.2 \cdot 8 = 25.6 \text{ см}^2$. Габаритные размеры сердечника составляют $S_C S_O = S_C \cdot S_O = 12.8 \cdot 25.6 = 328 \text{ см}^4$, что превышает минимальные требования.

Определим количество витков обмотки дросселя по формуле:

$$W = \frac{U}{0.02 B_m S_c k_c} \cdot \frac{100}{0.02 \cdot 1.5 \cdot 12.8 \cdot 0.93} = 280.$$

Определим диаметр обмоточного провода по формуле:

$$D = 1.128 \sqrt{\frac{I}{J}} = 1.128 \sqrt{\frac{10.63}{3.5}} = 1.97 \text{ мм.}$$

Из таблицы стандартных обмоточных проводов выбираем ближайший более толстый медный провод 2.02 мм.

Из соображения обеспечения требуемой индуктивности определяем суммарную длину немагнитного зазора в сердечнике дросселя:

$$L = \frac{1.25 \cdot 10^7 \cdot S_c k_c W^2}{23 \cdot 10^3} = 5.07 \text{ мм.}$$

Формула дает «теоретическую» длину, не учитывающую эффект распухания поля в зазоре. С учетом этого эффекта суммарная длина немагнитного зазора составит примерно 8 мм. Поэтому после намотки и сборки дросселя необходимо путем подбора толщины немагнитной прокладки в стыках сердечника добиться требуемой индуктивности.

Аналогичным образом производится конструктивный расчет для дросселей L1 и L3.

Блок управления стабилизатора

Принципиальная электрическая схема блока управления стабилизатора изображена на Рисунке 4.

Функциональная схема блока управления стабилизатора соответствует схеме, изображенной на Рисунке 1. Выходное напряжение стабилизатора U_H через разъем XP3 поступает на вход делителя напряжения R9, R15 и интегратора, выполненного в виде RC-цепочки на элементах R28 и C11. Диоды VD2 и VD5 ограничивают амплитуду выходного напряжения делителя напряжения, а диоды VD8 и VD11 ограничивают амплитуду выходного напряжения интегратора.

Выходное напряжение интегратора с конденсатора C11 поступает на вход выпрямителя B1. Узел B1 представляет из себя двухполупериодный выпрямитель [3], собранный на двух операционных усилителях (ОУ) DA1.3 и DA1.4, а также на элементах VD9, VD10, C9, R21, R22, R30. При положительном входном напряжении диод VD9 закрыт, а диод VD11 открыт, и схема выпрямителя охвачена общей отрицательной обратной связью через резисторы R21 и R22. За счет действия обратной связи напряжение U_{B1} на выходе DA1.4 поддерживается равным входному напряжению выпрямителя. Если на входе выпрямителя отрицательное входное напряжение, то диод VD10 закрыт, а диод VD9 открыт. При этом ОУ DA1.3 действует как повторитель, а ОУ DA1.4 – как инвертор с единичным коэффициентом усиления. В результате выходное напряжение выпрямителя равно по абсолютному значению входному, но имеет противоположную, т.е. положительную, полярность. Конденсатор C9 предотвращает возбуждение выпрямителя.

С выхода делителя напряжения R9, R15 напряжение поступает на вход двухполупериодного выпрямителя B2, собранного на двух ОУ DA1.1 и DA1.2, а также на элементах VD3, VD4, C3, R2, R3, R16. Выпрямитель B2 полностью аналогичен выпрямителю B1. Выходное напряжение U_{B2} выпрямителя B2 поступает на фильтр нижних частот Саллена-Кея [3], собранного на ОУ DA2.1 и элементах C2, C7, R4, R10, R11, R17. Частота среза этого фильтра составляет 10 Гц. В результате этого фильтр выделяет постоянную составляющую из напряжения U_{B2} и активно подавляет пульсацию, равную удвоенной частоте сети (100 Гц).

С выхода фильтра сглаженное напряжение пропорциональное выходному напряжению стабилизатора поступает на вход пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора, собранного на управляемом стабилизаторе DA3 и элементах VD16, C1, R5, R6, R12, R18, R23. Входное напряжение регулятора через делитель напряжения R5, R12, R18 прикладывается к управляющему электроду DA3, где сравнивается с внутренним опорным напряжением $U_{оп} = 2.5 \text{ В}$. Это опорное напряжение задает номинальное значение выходного напряжения стабилизатора $U_H = 220 \text{ В}$. Если выходное напряжение стабилизатора выше номинального, то выходное

напряжение регулятора $U_{\text{ПОР}}$ уменьшается, а если ниже, то увеличивается. Резистор R23 выполняет двойную роль. Во-первых, он выполняет роль нагрузки для DA3, а во-вторых, совместно со стабилитроном VD16 образуем параметрический стабилизатор, который ограничивает максимальное значение $U_{\text{ПОР}}$ на уровне 5 В. Цепочка R6, C1 определяет параметры настройки регулятора.

Пороговое устройство собрано на ОУ DA2.3, работающем в режиме компаратора. Импульс управления $U_{\text{УПР}}$ должен формироваться по переднему фронту импульсов выпрямленного напряжения $U_{\text{В1}}$. Для этого напряжение $U_{\text{В1}}$ заведено на прямой вход DA2.3, а $U_{\text{ПОР}}$ – на инвертирующий. Как только величина $U_{\text{В1}}$ превышает порог $U_{\text{ПОР}}$, на выходе DA2.3 формируется положительный фронт напряжения, который при помощи дифференцирующей цепочки C10, R32 превращается в короткий импульс. Этот импульс поступает на формирователь, собранный на ОУ DA2.4 и элементах VT2, VD7, VD12, VD13, R24, R25, R33, R34. Формирователь обеспечивает необходимую форму и длительность импульса управления.

Импульс управления через диод VD13 поступает на вход усилителя мощности, собранного на элементах VT5, R38-R40. Усилитель мощности обеспечивает величину и полярность напряжения управления $U_{\text{УПР}}$, необходимого для надежного отпираания симистора VS1 (Рисунок 3). Резисторы R36, R37 преобразуют напряжение управления $U_{\text{УПР}}$ в ток управления, который через разъем XP2 подается в управляющий электрод симистора VS1.

Узел начального пуска собран на ОУ DA2.2 и элементах VT3, VD1, VD14, C4, R7, R8, R19, R20, R26, R35. Выходное напряжение делителя R7, R19 прикладывается к прямому входу DA2.2, а к инвертирующему выходу подключен конденсатор C4. Сразу после включения стабилизатора конденсатор C4 разряжен, и поэтому на выходе ОУ DA2.2 присутствует высокий уровень, который через транзисторный каскад VT3, R26, R35 и диод VD14 поступает на усилитель мощности. В результате этого симистор VS1 (Рисунок 1) удерживается в открытом состоянии, и на выходе стабилизатора фиксируется минимальное напряжение. Это состояние длится примерно 0.6 с и необходимо для заверше-

ния переходных процессов в дросселях стабилизатора.

Узел мягкого старта собран на элементах VT1, VT4, VD6, C8, R13, R14, R27, R29. Сразу после включения стабилизатора высокий уровень с выхода DA2.2 через делитель напряжения R27, R29 поступает на базу транзистора VT4. Транзистор VT4 открывается и шунтирует конденсатор мягкого старта C8, фиксируя на нем низкий уровень напряжения. Низкий уровень с конденсатора C8 через эмиттерный повторитель VT1 и диод VD6 поступает на выход регулятора. При этом напряжение $U_{\text{ПОР}}$ имеет минимальное значение, обеспечивающее практически непрерывное удержание симистора VS1 в открытом состоянии. После окончания цикла начального пуска на выходе DA2.2 формируется низкий уровень, транзистор VT3 закрывается и начинается плавная зарядка конденсатора мягкого старта C8. Одновременно с зарядкой конденсатора C8 начинается возрастание порогового напряжения $U_{\text{ПОР}}$. При этом ток в дросселе L2 (Рисунок 3) убывает, и стабилизатор плавно, без толчков вводится в работу.

Светодиод HL1 «Работа» загорается после завершения начального пуска и служит для индикации рабочего состояния стабилизатора.

Блок питания стабилизатора формирует двухполярное стабилизированное напряжение ± 10 В и собран на элементах T1, DA4, DA5, VD15, C13-C16, FU1.

Наладка и настройка стабилизатора

Правильно собранный стабилизатор не нуждается в какой-то настройке. После включения стабилизатора в сеть необходимо при помощи подстроечного резистора R18 выставить номинальное выходное напряжение 220 В.

Детали

В качестве резонансного конденсатора C1 (Рисунок 3) можно использовать компенсирующие конденсаторы типа K78-99 или аналогичные, предназначенные для коррекции коэффициента мощности электромагнитных дросселей газоразрядных ламп. Например, можно использовать два включенных параллельно конденсатора K78-99 емкостью

50 мкФ, рассчитанных на напряжение 250 В переменного тока. Для этой же цели можно использовать конденсатор типа МБГВ 100 мкФ на 1000 В. Подобные конденсаторы, еще советского выпуска, достаточно часто встречаются на различных хозяйственных и радиолюбительских рынках.

Дроссель L1 мотается на ленточный сердечник ШЛ32х64. Обмотка дросселя содержит 440 витков медного провода 1.68 мм.

При сборке сердечника в каждый его стык необходимо положить немагнитную прокладку толщиной 5 мм. После намотки и сборки дросселя необходимо путем уточнения толщины немагнитной прокладки добиться требуемой индуктивности.

Примечание: В качестве дросселя L1 можно использовать готовый дроссель от светильников с газоразрядными лампами. В данном случае можно использовать два дрос-

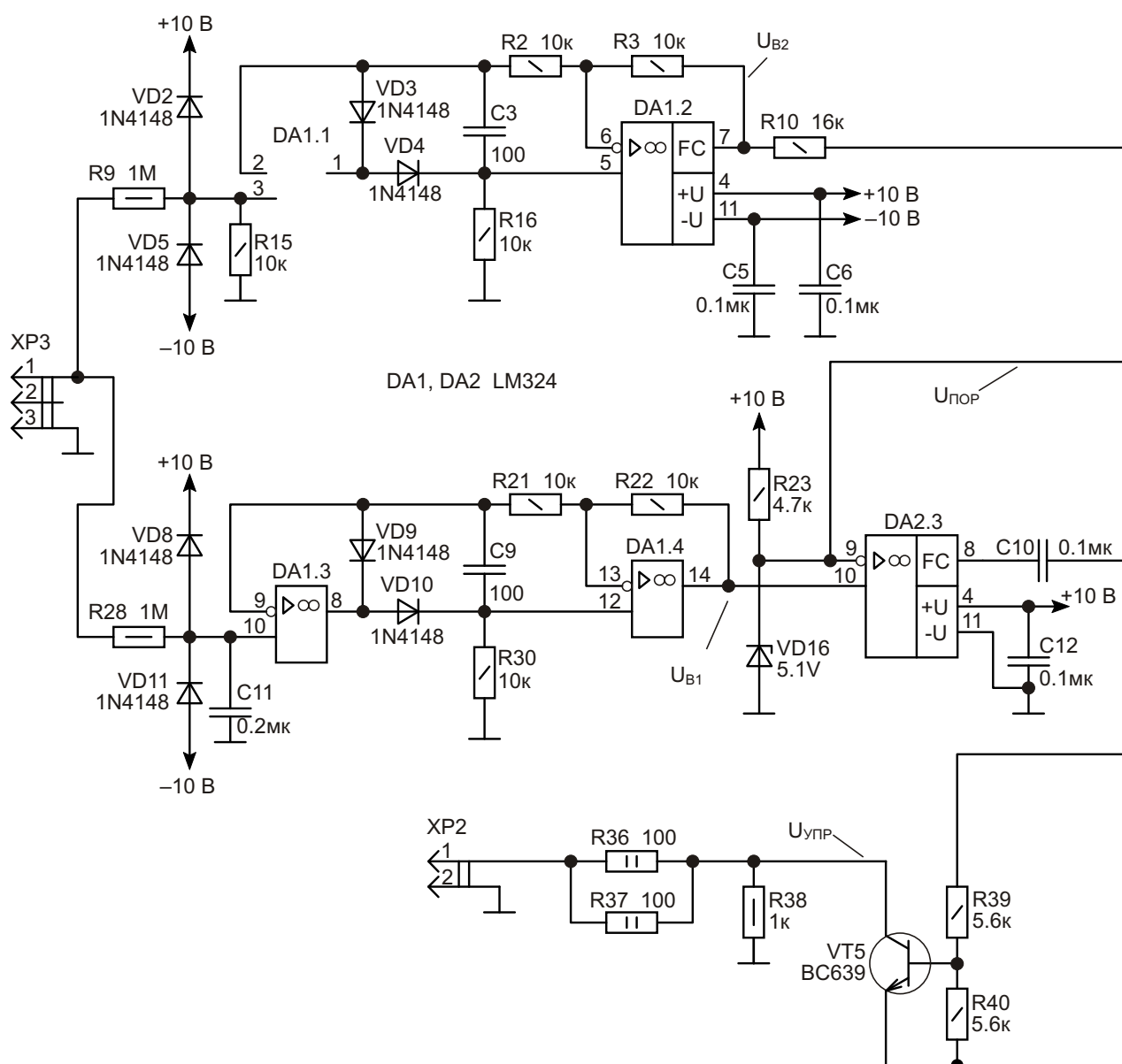


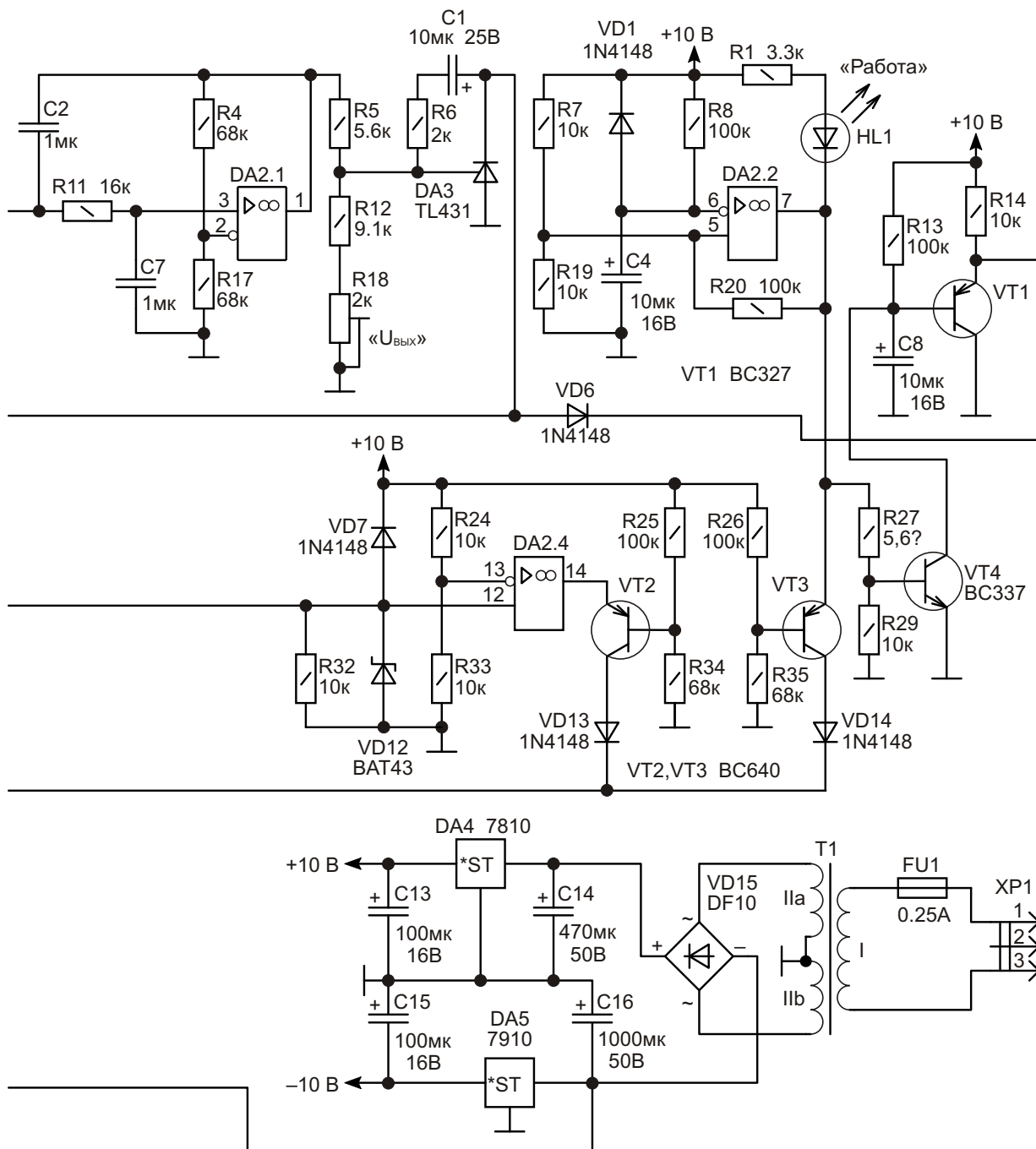
Рисунок 4. Принципиальная электрическая схема блока управления стабилизатора.

себя типа 1И-400ДнАТ46, рассчитанных на совместную работу с натриевой лампой мощностью 400 Вт. Дроссели необходимо включить параллельно.

Дроссель L2 мотается на ленточный сердечник ШЛ32х40. Обмотка дросселя содержит 280 витков медного провода 2.02 мм. При сборке сердечника в каждый его стык необходимо положить немагнитную прокладку толщиной 4 мм. После намотки и сборки

дросселя необходимо путем уточнения толщины немагнитной прокладки добиться требуемой индуктивности.

Дроссель L3 мотается на ленточный сердечник ШЛ25х32. Обмотка дросселя содержит 205 витков медного провода 1.81 мм. При сборке сердечника в каждый его стык необходимо положить немагнитную прокладку толщиной 2.5 мм. После намотки и сборки дросселя необходимо путем уточнения тол-



щины немагнитной прокладки добиться требуемой индуктивности.

Линейные дроссели во время работы стабилизатора формируют переменное магнитное поле высокой интенсивности. При этом даже хорошо собранный дроссель может являться источником шума. Правда шуметь будет не сам дроссель, а окружающие его железные предметы, например крышка корпуса стабилизатора. Для уменьшения внешних полей дроссель необходимо поместить в коробку, сделанную из мягкой стали толщиной 1 мм, и залить компаундом. При этом внутренние расстояния от стенок коробки до дросселя должны быть не менее 20 мм.

Во время работы симистор VS1 греется, и поэтому его необходимо установить на охладитель типа О141 или аналогичный, имеющий площадь не менее 400 см². Так как симистор ВТА40-800 изолирован от корпуса, то нет необходимости изолировать охладитель от корпуса стабилизатора. Вместо ВТА40-800 можно использовать симисторы ВТА41-800 или ВТВ41-800. В отличие от ВТА40-800 и ВТА41-800, симистор ВТВ41-800 от корпуса не изолирован. Поэтому при его использовании необходимо принять меры для надежной изоляции охладителя с установленным симистором от корпуса стабилизатора. При отсутствии указанных

симисторов можно использовать любые другие, имеющие аналогичные параметры. Например, можно использовать отечественный симистор типа ТС132-40-8-6.

В качестве трансформатора Т1 (Рисунок 4) можно использовать любой трансформатор мощностью 5-10 Вт, рассчитанный на работу при повышенном до 260 В напряжении сети. Трансформатор должен иметь одну вторичную обмотку на 36 В, имеющую отвод от середины (18 В +18 В).

Внимание!

При установке, стабилизатор необходимо заземлить при помощи клеммы ХЗ (Рисунок 3). В свою очередь, клемма ХЗ должна иметь надежный электрический контакт с корпусом стабилизатора. **РЛ**

Используемая литература:

1. Д. И. Богданов. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения. Москва: Энергия, 1972. – стр. 31, 79.
2. В. В. Губанов. Стабилизированные полупроводниковые преобразователи в системе с нелинейными резонансными устройствами. Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. – стр. 153, 178.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. Москва: Бином, 1994 год. стр.106, 313.

Истинно дифференциальный операционный усилитель, сделанный из логических инверторов

Colin Weltin-Wu

EDN

Постоянно стремление к сокращению размеров и повышению эффективности процессоров загоняет производителей КМОП все дальше в область нанометров, что негативно сказывается на характеристиках аналоговых схем из-за увеличивающихся утечек и снижающегося напряжения питания, и вынуждает разработчиков для выполнения аналоговых функций искать альтернативные чисто цифровые архитектурные решения [1, 2]. Это «оцифровывание» аналоговой сферы, в конечном счете, доходит до сферы

домашней, где радиолюбителям становится все сложнее найти самые простые аналоговые компоненты. Предзнаменованием этой пугающей тенденции была публикация еще в 1973 руководства по применению цифровых микросхем компании Fairchild Semiconductor [3], однако ни в одной из приведенных там схем не было операционного усилителя с дифференциальными входами. Предлагаемая конструкция представляет собой попытку заполнить этот пробел, демонстрируя двухкаскадный операционный усилитель с истин-

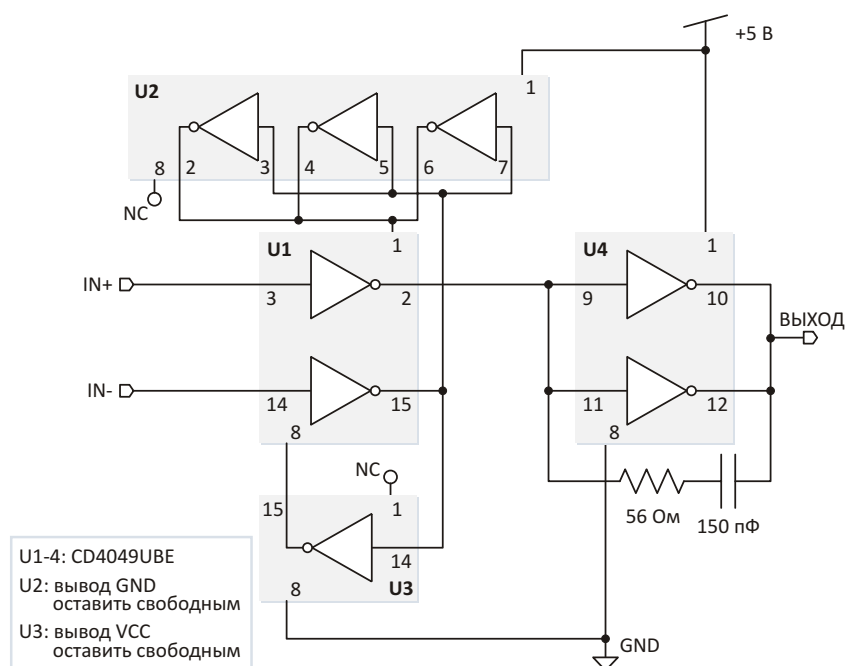


Рисунок 1.

но дифференциальными входами и близким к rail-to-rail размахом выходного напряжения, работающий от однополярного источника питания 5 В.

На Рисунке 1 представлена схема законченного двухкаскадного операционного усилителя на шести инверторах CD4049UBE [4], резисторе и конденсаторе. Обратите внимание на то, что вывод 8 микросхемы U2 (GND), так же, как и вывод 1 (VCC) микросхемы U3, оставлены ни к чему не подключенными. Выходы параллельно включенных инверторов микросхемы U2 подключены к выводу VCC U1, а выход инвертора U3 – к выводу GND микросхемы U1.

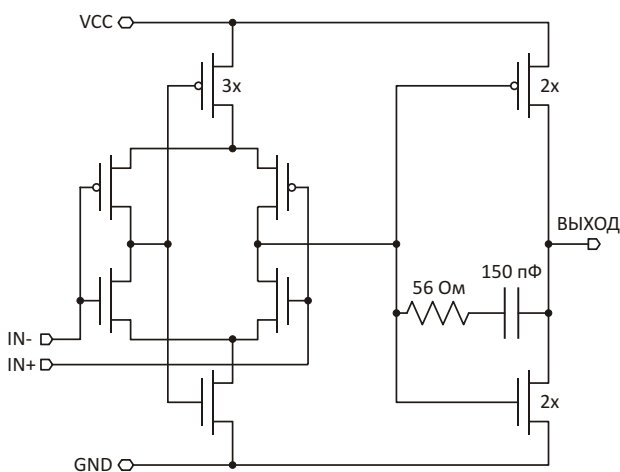


Рисунок 2.

Транзисторный функциональный эквивалент этой схемы изображен на Рисунке 2, из которого исключены все несущественные, или не выполняющие основных функций эле-

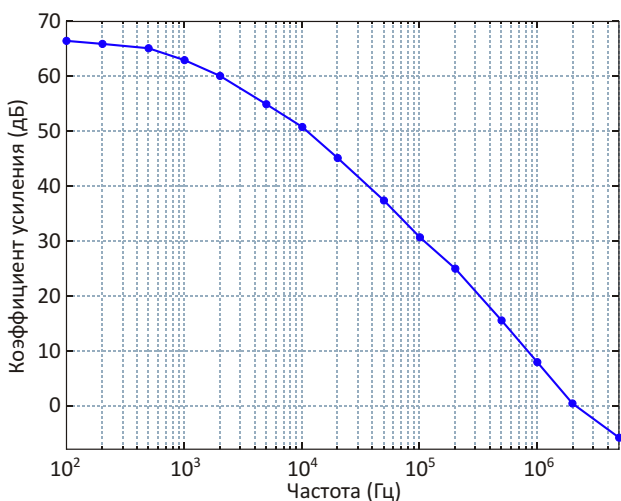


Рисунок 3. Измеренная частотная зависимость коэффициента передачи усилителя с разомкнутой обратной связью.

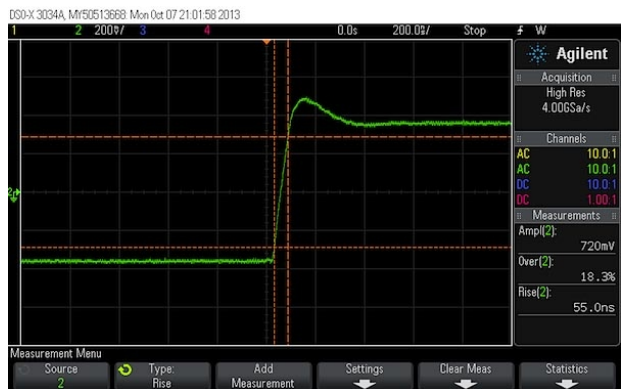


Рисунок 4. Отклик на большой скачок входного напряжения для усилителя, включенного повторителем напряжения, имеет небольшой выброс, обусловленный плохой компенсацией нуля передаточной характеристики.

менты. Схема первого каскада, взятая из [5], выполняет преобразование дифференциального сигнала в несимметричный. Р-канальные транзисторы инверторов из микросхемы U2 работают как источники тока, а N-канальный транзистор инвертора из U3 – как токовый сток. Неодинаковое количество источников втекающего и вытекающего тока было выбрано специально, чтобы, компенсировав различия характеристик каналов N- и P-канальных МОП транзисторов, сместить рабочий диапазон синфазных сигналов ближе к середине питания.

Инверторы микросхемы U1 в этой семе работают как дифференциальная пара с удвоением передаточной проводимости. Из-за небольшого усиления первого каскада, равного 25...30 дБ, был добавлен второй каскад. Для обеспечения общей устойчивости использовались стандартные технологии

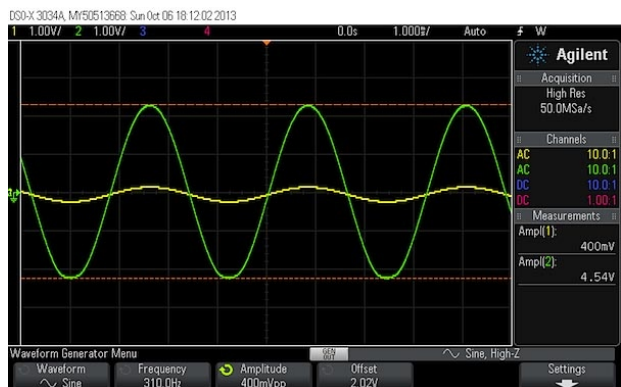


Рисунок 5. Почти истинный rail-to-rail усилитель, с однополярным питанием 5 В. (Усилитель включен в неинвертирующей конфигурации с коэффициентом усиления 11).

Таблица 1.		
Параметр	Значение	Ед.
Напряжение питания	5	В
Потребляемый ток	6.2	мА
Дифференциальное усиление	67	дБ
Коэффициент ослабления синфазного сигнала	26	дБ
Диапазон синфазных входных напряжений	1.3...3.2	В
Размах выходного напряжения	0.5...4.5	В
Полоса усиления	2	МГц
Запас по фазе	50	град.
Скорость нарастания	10	В/мкс

компенсации, поскольку оба каскада имеют примерно одинаковые полосы пропускания. Заметим, что любая разумная конфигурация цепи обратной связи смещает рабочую точку второго каскада в линейную область, что позволяет отказаться от локального шунтирующего резистора, снижающего коэффициент усиления.

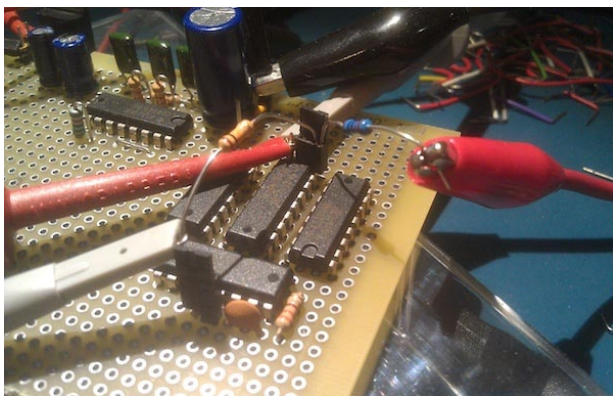


Рисунок 6. Прототип, собранный на макетной плате.

В Таблице 1 собраны основные характеристики изготовленного прототипа. Несмотря на дифференциальные входы, коэффициент ослабления синфазного сигнала, как мы видим, очень плох. Но, с другой стороны, по ширине полосы пропускания наш усилитель превосходит классический LM741.

Конструкция должна работать одинаково хорошо как с микросхемами CD4069, так и с 74НСU04, хотя возможно, что из-за различий в параметрах транзисторов соотношение необходимого количества инверторов в U2 и U3 придется изменить, чтобы восстановить диапазон синфазных входных напряжений. Единственное принципиальное требование заключается в том, что инверторы должны быть небуферизованными, так как в противном случае каждый каскад усиления превратится в трехкаскадный кольцевой генератор. **РЛ**

Ссылки

1. Taylor, G., and I. Galton, «A reconfigurable mostly-digital ADC with a worst-case FOM of 160 dB», Symp. VLSI Circuits Dig. 2012.
2. Murmann, Boris, and Bernhard E. Boser, «A 12-bit 75-MS/s pipelined ADC using open-loop residue amplification», Solid-State Circuits, IEEE Journal of 38.12 (2003): 2040-2050.
3. Fairchild Semiconductor, Appl. Note 88, «CMOS Linear Applications», Jul. 1973 [revised Apr. 2003].
4. Texas Instruments, «CMOS Hex Buffer/Converter, CD4049UB/CD4050B datasheet», Aug. 1998 [revised May 2004].
5. Bazes, Mel, «Two novel fully complementary self-biased CMOS differential amplifiers» Solid-State Circuits, IEEE Journal of 26.2 (1991): 165-168.

Улучшение эксплуатационных характеристик ПГС-10



Коростелкин В. И., Украина

Практически на всех промышленных предприятиях применяются приборы громкой связи ПГС-10. Они хорошо зарекомендовали себя в работе благодаря своей простоте и схемному решению, не требующему высококвалифицированного обслуживающего персонала. Схема состоит из усилителя передачи и усилителя приема. Усилитель передачи двухкаскадный, выполнен на двух транзисторах Т1 и Т2 типа КТ502 по схеме с общим эмиттером. В качестве микрофона на входе усилителя передачи применен капсюль ВП-1. Нагрузкой усилителя передачи является линейный трансформатор Тр-1 общий для усилителя передачи и усилителя приема звукового сигнала. Приемная часть ПГС-10 состоит из линейного трансформатора Тр-1, одного каскада на транзисторе КТ837 (Т3), согласующего трансформатора Тр-2 и двухтактного выходного усилителя на транзисторах Т4 и Т5 (КТ837), выполненного по схеме с общим коллектором. Нагрузкой этого каскада служит трансформатор Тр-3. К выходу трансформатора подключен рупорный громкоговоритель. Блок питания содержит понижающий трансформатор, выпрямительный мост, состоящий из диодов Д202, и два параллельно включенных конденсатора

2000 мкФ 50 В. На Рисунке 1 представлена структурная схема ПГС-10.

Слабым звеном в ПГС-10 является микрофонный капсюль ВП-1. Хотя он и выполнен аналогично капсюлю ДЭМ-4М, но разборке не подлежит. А в связи с наличием в атмосферном воздухе производственных помещений металлической пыли, попадающей в магнитные зазоры микрофонных капсюлей, ВП-1 приходят в негодность из-за невозможности разборки и профилактического обслуживания. Чтобы сделать возможным использование в качестве микрофона любых телефонных капсюлей, как электродинамических, так и электромагнитных, разработана схема, изображенная на Рисунке 2. В исходную схему добавлено минимальное количество деталей: один транзистор, два сопротивления, два конденсатора и один диод. Смещение питания баз транзисторов первого каскада фиксировано сопротивлениями $R_2 = 16 \text{ кОм}$, $R^{\wedge} = 120 \text{ кОм}$ и $R^{\wedge\wedge} = 12 \text{ кОм}$, поэтому подбора транзисторов по коэффициенту усиления не требуется. Регулировка уровня передачи осуществляется изменением глубины отрицательной обратной связи подстроечным сопротивлением R_1 , включенным в эмиттер дополнительного транзистора Т[^] (КТ502).

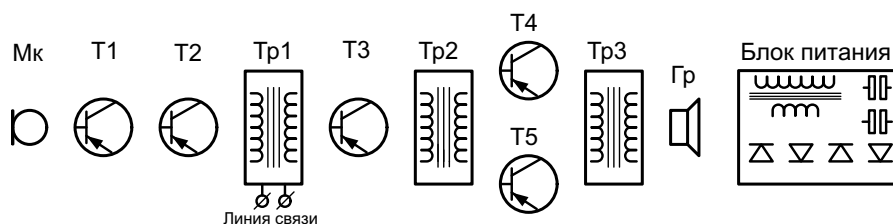


Рисунок 1.

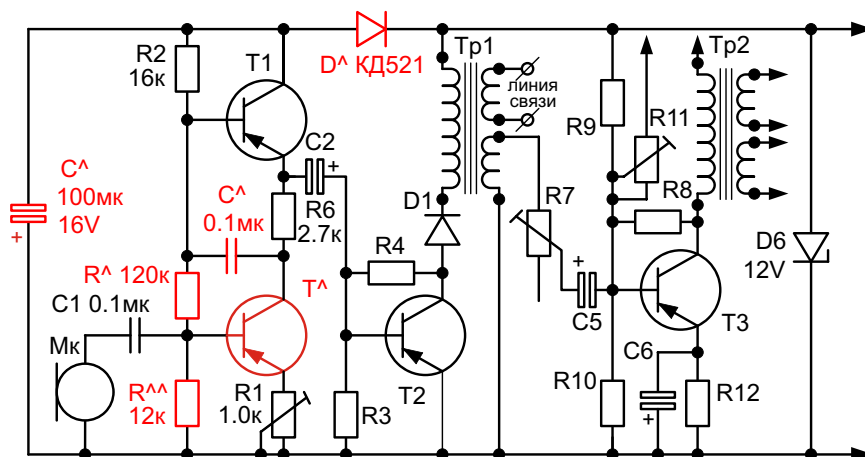


Рисунок 2.

В результате, увеличилось входное сопротивление ПГС, что привело к повышению помехоустойчивости, устранению наводок и фона. Емкость конденсатора С1 с десяти микрофарад уменьшена до 0.1 мкФ.

Первый каскад, с динамической нагрузкой ОЭ-ОК, характеризуется большим усилением и, благодаря малому выходному сопротивлению, хорошо согласуется со вторым каскадом (Т2). При монтаже новых деталей на место R6 установлен диод КД521. Диод и конденсатор 100 мкФ сглаживают пульсации питающего напряжения первого каскада передатчика, устраняют фон, идущий из блока питания. В результате переделки ПГС отпала необходимость в приобретении и замене капсулей ВП-1. Наиболее надежными в работе, проверенными временем капсулями, считаются ТК-67 (ТК-91). Эти капсули наиболее распространены в телефонии. Они имеют частотную характеристику такую же, как и ВП-1 – от 300 до 3000 Гц. Дежурный электромонтер откручивает амбушюр на ТК-67 (ТК-91) и ветошью устраняет магнитную пыль. Работоспособность восстановлена.

В основной схеме ПГС громкость приема регулируется подстроечным сопротивлением R7 величиной 1 кОм, подключенным параллельно обмотке приема сигнала линейного трансформатора, и при включении в случае производственной необходимости десяти и более ПГС общее сопротивление в круге связи составляет менее ста Ом из-за индуктивной связи между ними. Общее входное сопротивление падает, и это приводит к уменьшению напряжения полезного сигнала. Для снижения взаимного шунтирования ПГС регулятор усилителя приема (нижний вывод подстроечного сопротивления R7) отключен от общего провода, что привело к увеличению входного сопротивления усилителя приема до величины входного сопротивления каскада с ОЭ, то есть, приблизительно до 5 кОм. Нулевая громкость приема звукового сообщения не используется. При включении более десяти рекомендованных ПГС эта незначительная доработка увеличивает полезный сигнал в круге связи благодаря меньшему шунтированию линейных трансформаторов. **РЛ**



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

- ▶ **автоматизация**
- ▶ **автоэлектроника**
- ▶ **аккумуляторы и зарядные устройства**

Если Вам небезразличны эти темы
или Вы являетесь носителем
передовых знаний в других
областях электроники и готовы их
популяризировать -

приглашаем к сотрудничеству!