

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Сентябрь 2013 (28)



Самовосстанавливающиеся
цепи: настоящая иммунная
система для интегральных
схем

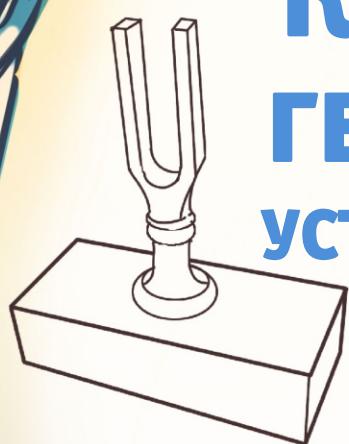
39

Постройте свой
собственный
дрон

28

КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ УСТУПАЮТ ДОРОГУ МЭМС

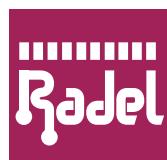
17



Texas Instruments изобретает
новый класс
преобразователей данных

11



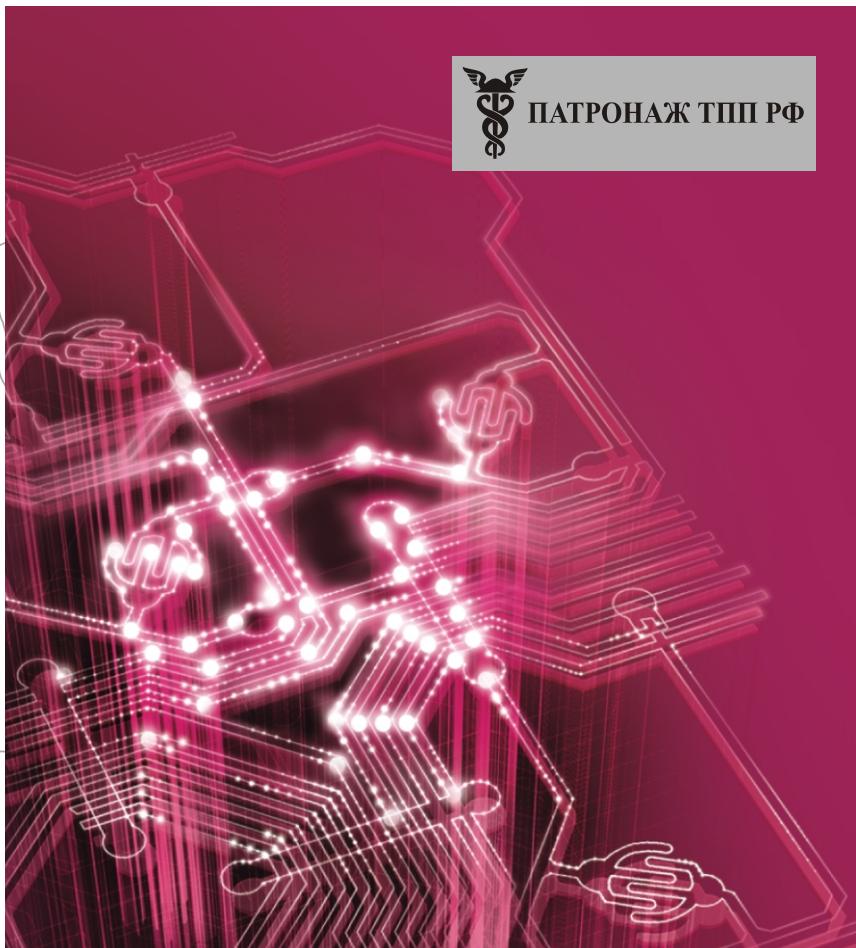


РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организаторы выставки:



raDEL2@orticon.com, www.farexpo.ru/raDEL
тел.: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

30 октября – 1 ноября 2013
Санкт-Петербург, СКК

РАДИОЛОЦМАН

Сентябрь 2013 (28)

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

В. Колесник

С. Муратчев

А. Николаев

Н. Радунцева

М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

Оформление
бесплатной подписки:
www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 Renesas представила новые малопотребляющие компактные 16-разрядные микроконтроллеры для автомобильной промышленности
- 5 IXYS представила мощные SiC диоды SS150 и SS275
- 5 Texas Instruments выпускает приемопередатчики RS-485 с быстрой автоматической коррекцией полярности
- 6 Ecliptek сконструировала миниатюрные кварцевые генераторы с фазовым джиттером 0.4 пс
- 7 Zuken запускает первое в отрасли приложение, взаимодействующее с мобильными устройствами
- 8 Texas Instruments представила решение дистанционного управления на основе ZigBee RF4CE и Bluetooth Smart со встроенными функциями распознавания голоса
- 9 Сплав алюминия и сурьмы может стать основой для памяти будущего
- 10 Allegro MicroSystems сообщила о начале производства пятого поколения регуляторов напряжения для малошумящих блоков приемников спутникового телевидения
- 11 Texas Instruments изобретает новый класс преобразователей данных
- 12 International Rectifier создала высокоэффективную замену магнитным балластам люминесцентных ламп
- 13 Microchip представляет первый микроконтроллер PIC с 16-разрядным АЦП, ЦАП, USB и драйвером ЖКИ
- 14 Linear Technology представила новый 60-вольтовый усилитель с нулевым дрейфом
- 15 Новые тандемные диоды от STMicroelectronics будут недорогой альтернативой карбидкремниевым диодам
- 15 Выпущен одноплатный компьютер с СнК Rockchip, работающий под управлением Android и Linux

Статьи

- 17 Время перемен: кварцевые генераторы уступают дорогу МЭМС
- 21 3D принтеры: фабрика на столе. Часть 2
- 28 Постройте свой собственный дрон
- 31 Основные усовершенствования и нововведения в новой версии среди разработки печатных плат CADSTAR 14.0
- 39 Самовосстанавливающиеся цепи: настоящая иммунная система для интегральных схем
- 41 «Лаборатория в коробке» дает студентам практический опыт
- 44 В чем различие между Bluetooth Low Energy и ANT?

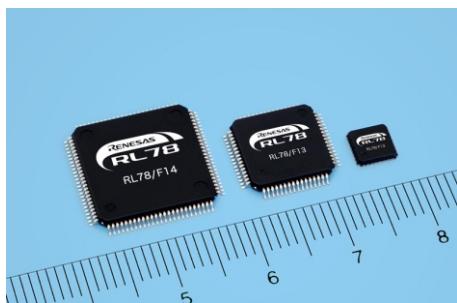
Схемы

- 49 Преобразователь напряжение-период улучшает скорость, стоимость и линейность дискретизации
- 52 Источник белого шума со спектральной плотностью, равномерной в диапазоне 1 Гц ... 100 кГц
- 55 Электронный коммутатор зажигания для скутера
- 58 Простая схема рисует картинки на экране осциллографа
- 60 Двухквадрантный умножающий ЦАП на основе КМОП буфера

Renesas представила новые малопотребляющие компактные 16-разрядные микроконтроллеры для автомобильной промышленности

Семейства RL78/F13 и RL78/F14 содержат 91 наименование малопотребляющих контроллеров для автомобильной промышленности

Компания Renesas Electronics объявила о выпуске новых 16-разрядных микроконтроллеров семейств RL78/F13 и RL78/F14, которые упростят разработку, снизят стоимость автомобильных систем управления, уменьшат их энергопотребление и повысят функциональную безопасность.



Семейство RL78/F13 насчитывает 60 микроконтроллеров, а семейство RL78/F14 – 31. Устройства RL78/F13 предназначены для широкого круга автомобильных приложений: от стеклоподъемников и систем регулирования положения боковых зеркал, до автомобильных систем управления такими приводами, как электрические водяные насосы и вентиляторы. Микроконтроллеры RL78/F14 предназначены для использования в блоке управления кузовными системами (BCM), а также в устройствах обогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха, которые требуют большого объема памяти.

Ключевые особенности микроконтроллеров RL78/F13 и RL78/F14

- Широкая линейка продукции, упрощающая стандартизацию платформы, что способствует повышению эффективности процесса разработки. Все новые микроконтроллеры имеют одно и то же ядро, периферию, включая модули CAN и LIN, и одинаковое расположение выводов, что позволяет масштабировать систему, например, менять объем памяти, в зависимости от требований приложения.
- Компактный корпус и возможность работы при температурах до 150 °C позволят уменьшить габариты электронных блоков управления. Для удов-

летворения ужесточающихся требований к объему электроники Renesas разработала новый корпус QFN. По сравнению с существующими 32-выводными корпусами SSOP, новый корпус QFN позволяет сократить размеры монтажной области приблизительно на 69%. А от существующих корпусов QFN новый корпус отличают углубления со стороны выводов, что улучшает смачиваемость припоем при монтаже. Это дает возможность монтировать микроконтроллеры без внесения каких-либо изменений в процесс заводской сборки.

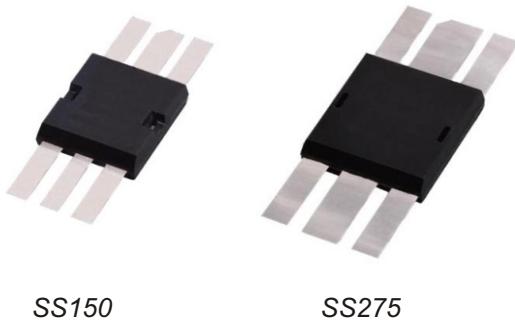
- Сниженное на 50% энергопотребление в ждущем режиме позволяет создавать малопотребляющие системы. По сравнению с существующими микроконтроллерами 78K0R/Fx3, потребляющими 1 мА в ждущем режиме, компании удалось добиться в новых устройствах RL78/F13 и RL78/F14 вдвое меньшего потребления 500 нА. Снижению потребляемого тока также способствуют функция, позволяющая выполнять аналогово-цифровое преобразование без участия процессора.
- Обширный набор аппаратных средств, поддерживающих функциональную безопасность. В микроконтроллерах RL78/F13 и RL78/F14 реализованы следующие аппаратные функции:
 - тестирование АЦП путем преобразования опорного напряжения или напряжения питания и сравнения результата со стандартным значением,
 - контроль переполнения стека с прерыванием для предотвращения сбоя программы,
 - мониторинг внешнего тактового генератора.

Доступность

Образцы микроконтроллеров RL78/F13 и RL78/F14 появятся в октябре 2013 года. Массовое производство планируется начать в сентябре 2014 года.

IXYS представила мощные SiC диоды SS150 и SS275

Компания IXYS сообщила, что ее подразделение IXYS Colorado приступило к производству новых серий мощных карбидкремниевых (SiC) диодов SS150 и SS275. Упакованные в низкоиндуктивные корпуса для поверхностного монтажа серии DE, диоды имеют отличные характеристики переключения.

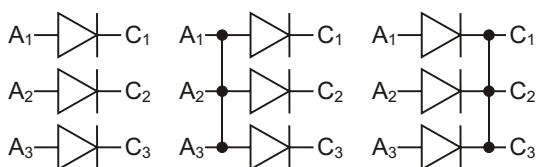


SS150

SS275

Значения максимально допустимых параметров диодов SS150 и SS275 составляют 600 В/10 А и 1200 В/5 А, соответственно. Три стандартных варианта внутренних соединений включают:

- TI – Три независимых диода
- TA – Три диода с объединенными анодами
- TC – Три диода с объединенными катодами



Мощные SiC диодные модули SS150 и SS275 найдут применение в таких приложениях, как:

- Импульсные источники питания с рабочей частотой мегагерцового диапазона
- Высокочастотные преобразователи
- Резонансные преобразователи
- Выпрямительные схемы

Карбид кремния характеризуется исключительно малым временем переключения, высокой рабочей частотой с нулевым временем обратного восстановления и независящим от температуры поведением. В сочетании с низкоиндуктивными высокочастотными корпусами компании IXYS новые диоды могут использоваться во множестве быстродействующих переключательных схем или высокочастотных преобразователей.

Основные особенности SS150 и SS275

- Корпуса для поверхностного монтажа
- Доступны приборы 600 В/10 А и 1200 В/5 А
- Нулевое время обратного восстановления
- Нулевое время прямого восстановления
- Высокая рабочая частота
- Независящие от температуры режимы работы
- Низкая индуктивность
- Положительный температурный коэффициент прямого падения напряжения

Диодные модули SS150 и SS275 уже поставляются непосредственно со склада IXYS.

Texas Instruments выпускает приемопередатчики RS-485 с быстрой автоматической коррекцией полярности

Маломощные приемопередатчики повысят надежность индустриальных приложений и интеллектуальных приборов учета

Компания Texas Instruments сообщила о выпуске микросхем маломощных полудуплексных приемопередатчиков интерфейса RS-485 SN65HVD888, имеющих самое короткое время автоматической коррекции полярности шины. Во многих индустриальных приложениях, таких как сети интеллектуальных

приборов учета, сети DMX512, промышленные системы автоматизации, системы управления микроклиматом в помещениях, очень легко допустить неправильное подключение коммуникационной линии, что может вызвать глобальный сбой в работе систем. Для больших сетей неправильное подключение ком-

муникационной линии без функции быстрой коррекции может привести к задержкам производства и значительной потере доходов. Микросхема приемопередатчика SN65HVD888 снабжена функцией автоматической коррекции полярности коммуникационной шины, которая действует на 80% быстрее в сравнении с подобными решениями конкурентов, процесс определения и корректировки полярности шины занимает лишь 76 мс.



В микросхему интегрированы дифференциальный драйвер и дифференциальный приемник, которые работают от одного источника питания 5 В. Дифференциальные выходы драйвера и дифференциальные входы приемника имеют внутренние соединения, образующие порт шины RS-485 для реализации полуудуплексного (двухпроводного) обмена данными.

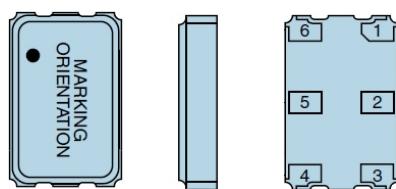
Отличительные особенности приемопередатчика SN65HVD888:

- Лучшая в своем классе защита от электростатических разрядов и переходных процессов позволит повысить надежность систем
- Большой входной гистерезис приемника обеспечивает высокую помехоустойчивость линии связи
- Быстрое время определения и корректировки полярности линии гарантирует надежное функционирование системы
- Приемопередатчик поддерживает 256 узлов на линии без необходимости применения ретрансляторов
- Низкое энергопотребление микросхемы делает возможным ее применение в приложениях с батарейным питанием.

Микросхемы серии SN65HVD888 выпускаются в 8-выводном корпусе SOIC и доступны для заказа. Оценочный модуль RS485-HF-DPLX-EVM может использоваться для изучения возможностей и анализа физического уровня подсистем обмена данными на базе приемопередатчиков серий SN65HVD1X, SN65HVD2X, SN65HVD7X, SN65HVD8X и SN65HVD96.

Ecliptek сконструировала миниатюрные кварцевые генераторы с фазовым джиттером 0.4 пс

Компания Ecliptek предлагает новые серии кварцевых генераторов EQRE32 и EQRE33 с максимальным фазовым джиттером всего 0.4 пс с.к.з. на частотах до 164.000 МГц. Имеющие выходы LVDS приборы с напряжением питания 2.5 или 3.3 В выпускаются в 6-выводных корпусах SMD размером 2.5 × 3.2 мм. Генераторы отличаются также прекрасной температурной стабильностью ±20ppm в коммерческом, расширенном коммерческом и промышленном диапазонах



температур.

Отвечающие требованиям REACH 144 приборы предназначены для широкого спектра применений, включая контроллеры интерфейсов, каналы оптической связи, Gigabit Ethernet, портативное оборудование, SATA/SAS и устройства PCI Express.

Технические особенности

- Содержание вредных веществ соответствует REACH 144
- Высокоскоростной выход LVDS с малыми временами нарастания и спада
- Комплементарный выход
- Великолепные характеристики джиттера и фазовых шумов
- Заказные конфигурации с использованием выводов 1 или 2 для управления режи-

мом покоя (высокоимпедансным состоянием выхода)

- Доступны варианты с расширенным диапазоном рабочих температур
- Опции с точно установленным коэффициентом заполнения импульсов ($50\% \pm 5\%$)
- Повышенная стабильность частоты за счет использования кварцевых кристаллов с объемными акустическими волнами
- Стандартная для отрасли степень устойчивости к повышенной влажности (MSL1)

обеспечивается 6-выводным керамическим SMD корпусом

- Удовлетворяют требованиям директивы RoHS, пригодны для пайки оплавлением припоя при температуре 260 °C.

Области применения

- Восстановление синхронизации
- Схемы ФАПЧ и синтезаторов частот
- Источники опорной частоты
- Распределение синхросигналов
- Трансляторы и мультиплексоры сигналов синхронизации

Zuken запускает первое в отрасли приложение, взаимодействующее с мобильными устройствами

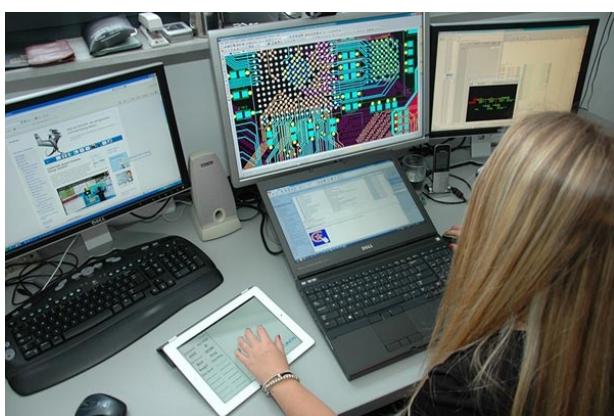
Приложение CADSTAR Touch и усовершенствованная трассировка «расталкивающего» типа уже доступны

Впервые на рынке EDA-систем, Zuken выпустила приложение для разработки печатных плат, которое позволяет нынешнему поколению инженеров взаимодействовать со схемами расположения при помощи собственных планшетов или смартфонов. Приложение CADSTAR Touch позволяет пользователям управлять профессиональным ПО CADSTAR компании Zuken для разработки печатных плат на ПК благодаря возможности настройки, как просмотра, так и функций программы, создавая возможности для облегчения и ускорения процесса разработки.

Ян Бруトン (Ian Broughton), главный инженер по разработке электронного оборудования компании C-TEC, говорит: «Есть несколько реальных преимуществ от использования

этого приложения – главным образом, большое количество мелочей, экономящих время, и простота использования, которую оно предлагает. Как давним пользователям CADSTAR, нам очень приятно видеть продолжающееся развитие ПО, а также то, что компания Zuken быстро внедряет приложения, позволяющие использовать устройства, уже ставшие частью повседневной жизни».

Бесплатное приложение доступно в настоящий момент вместе с последним релизом CADSTAR, который также включает усовершенствованную технологию трассировки и «расталкивания» Activ-45, которая значительно упрощает и ускоряет процесс внесения изменений в существующие разработки.



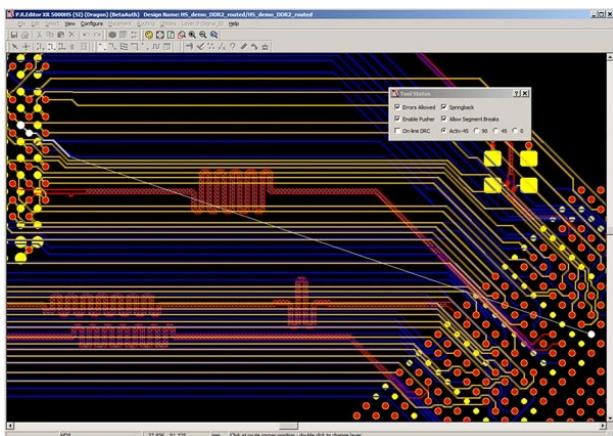
Разработчик печатных плат экспериментирует с новым приложением CADSTAR Touch



CADSTAR Touch для iPhone

Масштаб, panorama, вид

Приложение использует Wi-Fi-подключение вашего мобильного устройства на iOS или Android для связи с ПК по локальной сети. Пользователи Android имеют преимущество в виде голосового управления. Заявленный функционал включает в себя: «щипок» для



Трассировщик Activ-45 расталкивает существующие дорожки и переходные отверстия

изменения масштаба, перетаскивание для панорамного просмотра и двойное нажатие для отображения общего вида. Разработчики могут настраивать приложение для получения быстрого доступа к определяемым наиболее часто используемым макросам, вызывающим функции CADSTAR и их последовательности, что сэкономит время.

CADSTAR Touch доступен бесплатно в App StoreSM (iPhone, iPad или iPod touch) или в Google Play Store (Android).

Технология трассировки и «расталкивания» Activ-45

Также включена в последний релиз CADSTAR 14 новая технология трассировки, упрощающая и ускоряющая внесение изменений в проект на последних этапах. Трассировщик Activ-45 представляет собой алгоритм истинной трассировки под углом в 45 градусов, который с легкостью разводит даже плотные участки платы. Используя преимущество усовершенствованной технологии «расталкивания», дорожки будут следовать за курсором с минимальным нарушением существующих рисунков соединений.

Трассировщик Activ-45 создает место, расталкивая существующие дорожки и переходные отверстия в стороны, соблюдая при этом правила проектирования. Там где это необходимо, он переносит существующие дорожки в другие слои, чтобы высвободить еще больше места, как, например, при создании разветвленных соединений для корпусов BGA. В любой момент до завершения трассировки все дорожки вернутся в исходное положение при возвращении курсора в начальную точку.

Texas Instruments представила решение дистанционного управления на основе ZigBee RF4CE и Bluetooth Smart со встроенными функциями распознавания голоса

Инновационное решение позволяет создавать дешевые и многофункциональные устройства дистанционного управления со встроенными функциями распознавания голоса для телевизоров и мультимедиа систем

Компания Texas Instruments (TI) сообщила о выпуске специализированных отладочных наборов для разработки ZigBee RF4CE и Bluetooth Smart устройств дистанционного управления с интегрированными функциями распознавания голоса, которые позволят



добавить еще один метод управления домашними устройствами и мультимедиа системами и повысить пользовательский опыт взаимодействия с ними.

Отладочные наборы и соответствующее программное обеспечение, доступные для зарегистрированных разработчиков, разрабатывались в сотрудничестве с компанией Nuance Communications, которая является лидером в области голосовых и языковых технологий. Аппаратная часть Texas Instruments совместно с программной технологией Nuance Dragon TV гарантирует высокое качество распознавания голосовых команд, даже при использовании канала связи с ограниченной полосой пропускания.

Современные телевизоры и мультимедиа системы сегодня предлагают пользователю множество дополнительных сервисов, где голосовое управление было бы идеальным методом управления. Высокая производительность и низкое энергопотребление аппаратных решений компании TI позволяют реализовать множество приложений и функций, включая системы голосового управления, голосовые функции управления навигационным приложением, а также функции идентификации пользователя при активации индивидуального пользовательского интерфейса. Заявленная низкая стоимость и высокая гибкость решений дистанционного управления на основе протоколов ZigBee RF4CE и Bluetooth Smart позволит реализовать встроенные системы дистанционного управления, а также удаленное голосовое управление посредством Интернет- или облачных сервисов.

Выполненные на системе-на-кристалле (CC2533 или CC2541 для ZigBee RF4CE или Bluetooth LE Smart, соответственно) решения дистанционного управления с поддержкой

голосовых функций требуют только внешнего АЦП. Для сжатия голосовых данных нет необходимости использовать цифровой сигнальный процессор, а это один из факторов снижения стоимости конечного устройства. С программной стороны в решениях используется стеки протоколов RemoTI RF4CE и BLE-Stack, которые свободно доступны для пользователей. Для производителей и заинтересованных разработчиков компания предлагает ассортимент уже готовых продуктов, включая однокнопочные пульты ДУ, пульты ДУ с расширенным функционалом и поддержкой технологии позиционирования, а теперь пульты ДУ с поддержкой функций голосового управления.

Представленные решения компании TI демонстрировались на конференции International Broadcasting Convention 2013 в Амстердаме. Зарегистрированные разработчики могут заказать комплект для разработки систем дистанционного голосового управления ZigBee RF4CE. Комплект для разработки систем дистанционного голосового управления Bluetooth Smart будет доступен позже.

Сплав алюминия и сурьмы может стать основой для памяти будущего

Jason Socrates Bardi, Американский институт физики

Wireless Design & Development

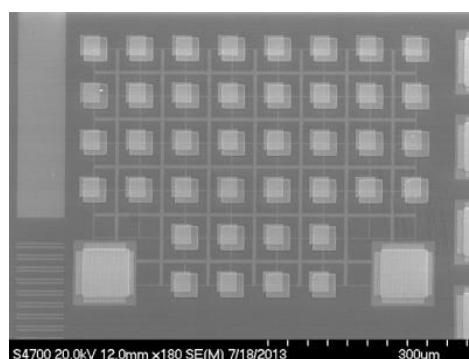
Новый материал, состоящий из алюминия и сурьмы, может быть использован в запоминающих устройствах следующего поколения

Новый экологически чистый сплав, в котором 50 атомов алюминия связаны с 50 атомами сурьмы, может стать строительным материалом для создания устройств памяти следующего поколения на основе фазового перехода.

Память на основе фазового перехода рассматривается в качестве альтернативы флэш-памяти в устройствах хранения информации, поскольку флэш-память ограничена плотностью хранения, и новая память может работать гораздо быстрее.

Память на фазовом переходе основана на материалах, неупорядоченная, аморфная структура которых под воздействием электрического импульса превращается в крис-

таллическую. Материал обладает высоким электрическим сопротивлением в аморфном состоянии и низким сопротивлением в крис-



Фотография массивов элементов памяти на фазовом переходе.

тальческой форме, что соответствует логическим состояниям «1» и «0».

Разработчики флэш-памяти имеют возможность снижать размеры ее ячейки примерно до 20 нм, после чего у них начинают возникать серьезные проблемы, а ячейка памяти на основе фазового перехода может быть меньше 10 нм, что позволяет записать больше информации на меньшей площади. По словам ученого Шанхайского института микросистем и информационных технологий Китайской академии наук Силин Чжоу (Xilin Zhou), это самая важная особенность нового типа памяти. Кроме того, в устройства памяти на основе фазового перехода данные могут быть записаны очень быстро, и, как утверждает Чжоу, такие устройства могут быть относительно недорогими.

Чжоу отметил, что самый популярный материал, используемый сегодня для создания памяти на фазовом переходе, содержит германий, сурьму и теллур, но с составом из трех элементов труднее работать.

«Сложно контролировать процесс получения тройных сплавов, например, традиционно применяемого материала из германия, сурьмы и теллура (GeSbTe). Травление и полировка материалов содержащих халькоиды могут изменить состав материала в

связи с движением атомов теллура», – объяснил Чжоу.

Чжоу и его коллеги обратили внимание на материал, состоящий всего из двух элементов: алюминия и сурьмы. Они изучали его свойства, связанные с изменением фазового состояния и выяснили, что он более термостабилен, чем трехэлементный состав. Ученые выяснили, что сплав Al50Sb50 имеет три уровня сопротивления, и, следовательно, может хранить три, а не два, бита данных в одной ячейке памяти. Это говорит о том, что новый материал может быть использован для создания многоуровневой памяти.

Чжоу заметил, что двухступенчатое падение сопротивления в процессе кристаллизации материала может быть использовано для многоуровневого хранения данных, так как в ячейках памяти на фазовом переходе возможны три различных уровня сопротивления. Поэтому материал из алюминия и сурьмы, благодаря своей температурной стабильности и емкости, обещает быть перспективным для использования в приборах энергонезависимой памяти высокой плотности.

Теперь ученые заняты изучением износстойкости многоуровневых ячеек памяти на фазовом переходе при обратимых электрических переключениях.

Allegro MicroSystems сообщила о начале производства пятого поколения регуляторов напряжения для малошумящих блоков приемников спутникового телевидения

Частота переключения выше, ток потребления меньше

Allegro MicroSystems сообщила о начале производства новейшего семейства регуляторов напряжения для питания малошумящих блоков (LNB) приемников спутникового телевидения. Монолитная микросхема A8304 содержит линейный и импульсный стабилизаторы напряжения, специально разработанные для питания по коаксиальному кабелю силовых и сигнальных цепей понижающих преобразователей частоты LNB.

Для работы A8304 требуется совсем немного внешних компонентов, так как силовой ключ и цепи компенсации интегрированы в микросхему. Рабочая частота 704 кГц и устанавливаемый пользователем порог ограни-



чения выходного тока дают разработчикам возможность минимизировать размеры компонентов внешних пассивных фильтров. Для управления режимами работы и диагностики

ошибок микросхемы служит совместимый с I²C интерфейс. Для переключения микросхемы в спящий режим предусмотрен специальный вывод, позволяющий без использования интерфейса I²C быстро перевести прибор в режим ультранизкого потребления энергии. В устройстве реализованы новейшие техноло-

гии управления втекающим и вытекающим выходным током.

A8304SESTR-T выпускается в миниатюрном корпусе QFN размером 3 × 3 мм со вскрытым основанием для отвода тепла (суффикс ES). Прибор не содержит свинца, его выводная рамка имеет 100% покрытие матовым оловом.

Texas Instruments изобретает новый класс преобразователей данных

Преобразователь индуктивность-цифра принесет революцию в технологию датчиков положения и движения

Texas Instruments представила первый в отрасли преобразователь индуктивность-цифра (LDC, inductance-to-digital converter) – прибор, положивший начало новой категории преобразователей данных. Используя в качестве индуктивных датчиков катушки и спирали, микросхема LDC1000, по сравнению с существующими решениями, обеспечивает большее разрешение, повышенную надежность и дополнительную гибкость при более низкой стоимости системы. Основанные на бесконтактной технологии индуктивные датчики могут измерять положение и движение металлических или проводящих объектов, а также детектировать сжатие, растяжение и скручивание пружин.



Диапазон устройств, в которых могут использоваться новые приборы, исключительно широк – от простых клавишей, кнопок и переключателей, до высокоточных пульсометров, турбинных расходомеров и контроллеров высокооборотных двигателей и шестеренчатых механизмов. Учитывая их универсальность, LDC могут использоваться в

самых разных областях рынка, включая автомобили, бытовую технику, потребительскую электронику, мобильные устройства, компьютеры, промышленное оборудование и медицинские приборы.

Ключевые преимущества технологии LDC

- **Высокое разрешение:** Обеспечивает субмикронное разрешение при определении положения на основании резонансного сопротивления, измеренного с точностью 16 бит, и значения индуктивности, измеренного с 24-разрядной точностью.
- **Повышенная надежность:** Бесконтактные измерения нечувствительны к таким непроводящим загрязнителям, как масло, грязь и пыль, которые могут сокращать ресурс оборудования.
- **Большая гибкость:** Позволяет размещать датчик на удалении от электроники, вне печатной платы.
- **Меньшая стоимость конечной системы:** Используются недорогие датчики и метки, не требующие магнитов.
- **Неограниченная сфера применения:** Воспринимает метки из прессованной фольги или проводящих чернил, предлагая бесконечные возможности для творчества и инноваций.
- **Экономия потребляемой мощности:** Потребляет меньше 8.5 мВт в стандартном режиме работы и меньше 1.25 мВт в спящем режиме.

Поддержка и средства разработки

Для оценки возможностей новых приборов разработана демонстрационная плата LDC1000EVM с микроконтроллером MSP430F5528, которая может быть приобретена уже сегодня по цене \$29.00.



Разработчики систем могут за секунды подобрать катушку датчика и сконфигурировать LDC с помощью предлагаемой TI инте-

рактивной оболочки WEBENCH Inductive Sensing Designer. Оптимизированная в онлайн конструкция легко экспортируется во множество популярных CAD-программ, чтобы быстро включить катушку в общую конструкцию устройства.

Корпус, доступность и цена

Микросхемы LDC1000 выпускаются серийно в 16-выводных корпусах SON размером 4x5 мм, и в партиях от 1000 приборов продаются по цене \$2.95 за штуку. В первой половине 2014 г. ожидается появление версии микросхем для использования в автомобильном оборудовании.

International Rectifier создала высокоэффективную замену магнитным балластам люминесцентных ламп

International Rectifier (IR) создала надежную, высокоэффективную и дешевую управляющую микросхему для замены магнитных балластов, используемых в люминесцентных лампах.

Используя запатентованные IR технологии создания высоковольтных схем и электронных балластов, микросхема IRS2538DS имитирует поведение системы управления магнитного балласта, предоставляемая разработчикам исключительно простую в использовании, дешевую, но высококачественную однокристальную замену.



В выпускаемой в компактном корпусе SO8 микросхеме IRS2538DS использован новейший метод управления, позволяющий получить высокий коэффициент мощности при ультранизком уровне гармонических искажений. В результате отпадает необходимость

как в каскаде коррекции коэффициента мощности, так и во входных электролитических конденсаторах. В микросхему интегрированы 600-вольтовый полумостовой драйвер, бутстрепный MOSFET и полный набор средств защиты.

IRS2538DS имеет множество режимов работы, основными из которых являются предварительный нагрев с фиксированным временем порядка 2 с, поджиг и рабочий режим. Кроме того, микросхема может контролировать короткое замыкание лампы, адаптивно подстраивая мертвое время (типичный интервал от 0.5 мкс до 1.5 мкс), автоматически перезапускаться после замены лампы. Предусмотрен также режим микро-мощного запуска (125 мА). Имеется внутренний защитный стабилитрон 15.6 В, включенный между шинами питания.

Технические характеристики

Прибор	Корпус	V _{OFFSET} (тип.)	V _{cc} (тип.)	I _{o+} / I _{o-} (тип.)
IRS2538D	SO8	600 В	15 В	180/260 мА

Доступность и цена

Начальная цена IRS2538D установлена в размер \$0.94 за штуку при заказе 10,000 приборов. Партии промышленного объема поставляются со склада немедленно.

Microchip представляет первый микроконтроллер PIC с 16-разрядным АЦП, ЦАП, USB и драйвером ЖКИ

Беспрецедентный набор аналоговой периферии и технология управления питанием XLP для портативного медицинского и промышленного оборудования

Microchip представила новое семейство микроконтроллеров – PIC24FJ128GC010, фактически, представляющее собой аналоговую систему на кристалле, в которой интегрированы все звенья цепочки аналоговой обработки сигналов, включая уникальный для отрасли микроконтроллеров 16-разрядный АЦП, 12-разрядный АЦП с быстродействием 10 Msps, ЦАП и два операционных усилителя. Реализованная в микроконтроллерах технология управления питанием XLP (eXtreme Low Power) увеличивает время автономной работы портативного медицинского и промышленного оборудования.



Благодаря сочетанию разнообразной аналоговой периферии и низкой потребляемой мощности можно уменьшить шумы и повысить пропускную способность цепей обработки данных в портативном медицинском оборудовании, в частности, в глюкометрах и измерителях артериального давления, а также в разнообразных промышленных приложениях. Семейство PIC24FJ128GC010 содержит интегрированный драйвер ЖК-дисплея, способный управлять 472 сегментами информационно насыщенного пользовательского индикатора, включая скроллинг алфавитно-цифровых баннеров. С помощью встроенного интерфейса USB можно загружать накопленную клиническую информацию для медицинской аппаратуры, и, кроме того, интерфейс может выступать в качестве сервисного порта и порта передачи данных в промышленном оборудовании. Встроенная периферия поддерживает емкостные сенсорные датчики с технологией *tTouch*. Интеграция 16-разрядного АЦП, USB, драй-

вера ЖКИ и процессора с малым энергопотреблением позволяет создавать исключительно компактные устройства с батарейным питанием. Реализация на одной микросхеме PIC24FJ128GC010 того, для чего раньше потребовалось бы несколько микросхем, дает возможность значительно уменьшить размеры печатной платы и стоимость конечного устройства, а также сократить время от разработки до вывода продукта на рынок.

Поддержка разработки

Семейство PIC24FJ128GC010 поддерживается стартовым набором Starter Kit for PIC24F Intelligent.Integrated.Analog (номер для заказа DM240015), который в течение ограниченного времени предлагается по специальной цене \$89.99. Особое внимание создатели набора уделили обеспечению целостности сигналов в интегрированной аналоговой периферии. Набор содержит 95% элементов, необходимых конструктору для разработки портативного аналогового прототипа. Все, что требуется добавить – это датчики.

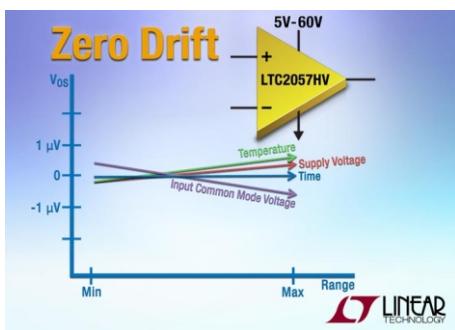


Цены и доступность

Микросхемы PIC24FJ128GC010 выпускаются серийно. Для апробирования изделий предлагаются бесплатные образцы. При больших объемах заказа цены начинаются от \$2.59 за штуку. PIC24FJ128GC010 (128 КБ Flash) и PIC24FJ64GC010 (64 КБ Flash) выпускаются в 100-выводных корпусах TQFP и 121-выводных BGA. PIC24FJ128GC006 (128 КБ Flash) и PIC24FJ64GC006 (64 КБ Flash) доступны в 64-выводных корпусах TQFP и QFN.

Linear Technology представила новый 60-вольтовый усилитель с нулевым дрейфом

Linear Technology представила новую микросхему усилителя с нулевым дрейфом и схемой самокалибровки, отличающуюся высочайшей точностью и стабильностью параметров по постоянному току во всех диапазонах изменения температуры, входного напряжения и напряжения питания. Благодаря напряжению смещения 5 мкВ, дрейфу 0.025 мкВ/°C, напряжению низкочастотных шумов 200 нВ пик-пик и отсутствию фликкершума (1/f), при питании напряжением 60 В (± 30 В) микросхема LTC2057HV обеспечивает динамический диапазон более 140 дБ. Столь широкий динамический диапазон позволяет без насыщения усиливать слабые сигналы на фоне существенно более мощных. Если для устройства достаточно напряжения питания 36 В, можно воспользоваться низковольтной версией LTC2057.



Параметры микросхем LTC2057 и LTC2057HV указаны для диапазона температур -40 °C ... 125 °C. Усилители предоставляют оптимальную комбинацию низкого напряжения шумов, низких шумовых токов и малого входного тока смещения. При этом уникальная архитектура приборов гарантирует также минимальный уровень шумов 1/f. Побочные артефакты, присущие обычно усилителям с нулевым дрейфом, в этих схемах подавлены, что в еще большей степени расширяет динамический диапазон, область стабильной работы и полезную полосу сигнала. Диапазон синфазных входных напряжений включает напряжение отрицательной шины питания, а выходное напряжение может изменяться от положительной до отрицательной шины.

LTC2057 рассчитана на напряжение питания до 30 В, в то время, как LTC2057HV может работать при напряжении до 60 В. Нижняя

граница напряжения питания для обоих приборов составляет 4.75 В. Обе микросхемы предлагаются в версиях для температурных диапазонов -40 °C ... 85 °C и -40 °C ... 125 °C. LTC2057 выпускаются в корпусах DFN 3 × 3 мм, MSOP-8 и SOIC-8, а также в корпусе MSOP-10 с расположением выводов, позволяющим удобно создавать на плате охранные кольца вокруг высокоимпедансного входа. Цены начинаются от \$1.54 за микросхему LTC2057 и \$2.19 за LTC2057HV при заказе от 1000 штук.

Сводка основных характеристик LTC2057HV

- Напряжение питания: 4.75 ... 60 В
- Напряжение смещения: 5 мкВ (макс.)
- Дрейф напряжения смещения в диапазоне температур -40 ... 125 °C: 0.025 мкВ/°C (макс.)
- Входное напряжение шумов:
 - 220 нВ пик-пик, 0 ... 10 Гц (тип.)
 - 13 нВ/ Гц, 1 кГц (тип.)
- Диапазон синфазных входных напряжений: -0.1 ... $+1.5$ В
- Выход Rail-to-Rail
- Коэффициент усиления при разомкнутой цепи обратной связи: 150 дБ (тип.)
- Подавление пульсаций питания: 160 дБ (тип.)
- Коэффициент подавления синфазного сигнала: 150 дБ (тип.)
- Режим отключения
- Корпус MS10 с выводами охранных колец

Применение

- Устройства выборки данных высокого разрешения
- Буферизация источников опорного напряжения
- Испытательное и измерительное оборудование
- Электронные весы
- Усилители сигналов термопар
- Тензодатчики
- Датчики тока нижней шины
- Автомобильные системы контроля и управления

Новые тандемные диоды от STMicroelectronics будут недорогой альтернативой карбидкремниевым диодам

Разработав второе поколение тандемных диодов, STMicroelectronics предоставила конструкторам средство создания более дешевого и энергоэффективного оборудования для источников питания, инверторов солнечных электростанций и пунктов зарядки электрических транспортных средств.



По сравнению с приборами первого поколения у новых диодов снижен заряд обратного восстановления (QRR), что, с одной стороны, позволяет сократить потери переключения, а с другой – делает еще более значительным их преимущество в эффективности

перед стандартными ультрабыстрыми диодами. Низкий QRR также ускоряет процесс доводки схемы, чем сокращает время выхода конечного продукта на рынок. По своим параметрам новые тандемные диоды приближаются к карбидкремниевым диодам, которые, однако, как минимум, на 30% дороже.

Устройства второго поколения пополнили семейство 600-вольтовых тандемных диодов STMicroelectronics. Приборы STTH8T06DI и STTH8ST06DI рассчитаны на рабочий ток до 8 А, а STTH12T06DI предназначены для приложений с токами до 12 А. По устойчивости к пиковым броскам тока диоды эквивалентны ультрабыстрым аналогам, работают в широком диапазоне температур перехода от -40°C до 175°C и отличаются высокой надежностью и механической прочностью.

Устройства производятся серийно в корпусах TO-220AC с изолированным теплоотводящим выводом. Цены начинаются от \$1.57 за один диод STTH8T06DI при объеме заказа свыше 1000 приборов.

Выпущен одноплатный компьютер с СнК Rockchip, работающий под управлением Android и Linux

Radxa принимает предварительные заказы на компактный, открытый одноплатный компьютер на базе системы-на-кристалле (СнК) Rockchip RK3188, работающий под управлением Android и Linux. Radxa Rock и Radxa Rock Lite стоимостью \$89 и \$69, соответственно, имеют до 2 ГБ ОЗУ, 8 ГБ флэш-памяти, модули WiFi, Bluetooth и Ethernet, порты HDMI, Ethernet, USB и S/PDIF, а также другие интерфейсы с соответствующими выводами на печатной плате. Стартап Radxa из г. Шэньян (Китай) является очередным проектом создателя платы CubieBoard Тома Кьюби (Tom Cubie). Версия CubieBoard2 основана на двухъядерной СнК Cortex-A7 Allwinner A20, а Radxa Rock, согласно схеме и спецификации, базируется на выпущенной компанией Rockchip четырехъядерной СнК, работающей на частоте 1.6 ГГц. Две версии



платы отличаются только размером памяти: 2 ГБ и 1 ГБ ОЗУ DDR3 и 8 ГБ и 4 ГБ NAND флэш-памяти у Radxa Rock и Radxa Rock Lite, соответственно.

Благодаря порту HDMI можно выводить видео формата 1080p с частотой 60 Гц. Также на плате имеются аудио/видео выход, оптический аудио порт S/PDIF и вход для ИК-приемника. Помимо 10/100 Ethernet, плата оснащена модулем WiFi стандарта

802.11b/g/n (скорость передачи 150 Мб/с) и модулем Bluetooth 4.0. Имеются порты USB 2.0 host и USB OTG, и на обеих моделях установлен слот для карт microSD объемом до 128 ГБ. Два 40-выводных разъема предоставляют пользователям доступ к богатой периферии. Плата поставляется с источником питания 5 В / 2 А.

Представленные одноплатные компьютеры можно запускать под управлением Android или PicUntu (ОС на базе Ubuntu).

Характеристики Radxa Rock и Radxa Rock Lite:

- Процессор Rockchip: RK3188 (четыре ядра Cortex-A9, работающие на частоте 1.6 ГГц) с графическим ускорителем Mali 400 MP4 533 МГц
- ОЗУ: 2 ГБ (Rock) и 1 ГБ (Rock Lite) DDR3 800 МГц
- Флэш-память: 8 ГБ (Rock) и 4 ГБ (Rock Lite) NAND флэш-памяти; слот microSD SDXC для карт объемом до 128 ГБ
- Беспроводная связь: WiFi 802.11b/g/n (150 Мб/с) сантенной и Bluetooth 4.0
- Проводная связь: 10/100 Ethernet

- Разъемы ввода/вывода:

- USB 2.0 host
- Micro-USB 2.0 OTG
- HDMI 1.4
- аудио/видео выход
- отладочная консоль с последовательной передачей данных
- ИК-приемник
- оптический аудио порт S/PDIF

- Интерфейсы, обеспечиваемые двумя 40-выводными разъемами: LCD I/F, SPI, USB 2.0, линейный вход, UART, линии ввода/вывода общего назначения, I2C, PWM, АЦП, GPS

- Размеры: 100 80 12 мм

- Питание: гнездо jack для источника питания 5 В / 2 А

- Диапазон рабочих температур: от 0 до 80 °C

- ОС: Android, PicUntu Linux

Предварительный заказ на платы можно сделать на сайте производителя, заплатив \$89 за Radxa Rock и за \$69 Radxa Rock Lite. Дата начала поставок пока не объявлена.

Время перемен: кварцевые генераторы уступают дорогу МЭМС



Todd Borkowski

EDN

В статье описывается эволюция технологии МЭМС в области устройств синхронизации. До недавнего времени в ней доминировали кварцевые генераторы. Электростатические и пьезоэлектрические МЭМС сегодня составляют им серьезную конкуренцию и могут вытеснить кварц во многих приложениях, благодаря улучшенному на всех частотах общему допуску, лучшему коэффициенту подавления пульсаций напряжения питания, меньшему джиттеру и высокой надежности.

Классический кварцевый генератор, использующий в качестве основного элемента кварцевый резонатор, прослужил в электронной промышленности почти 100 лет. Но этот рынок готов рухнуть, и кварцу бросают вызов альтернативные подходы, основанные на технологии резонаторов на базе МЭМС (микроэлектромеханических систем).

В отрасли МЭМС компонентов имеются две различные технологии, конкурирующие за право вытеснить кварц. Одна из них основана на электростатическом возбуждении, другая – на пьезоэлектрическом. Рассмотрение плюсов и минусов каждой технологии начнется с описания проблемы замены кварца.

Препятствия на пути МЭМС

Существенное преимущество МЭМС-технологии заключается в том, что она дает возможность выпускать миниатюрные компоненты крупными партиями и заменить сложный производственный процесс, используемый при изготовлении кварцевых генераторов. Поскольку конечный продукт выпускается на кремниевом кристалле, МЭМС-компоненты могут быть размещены в одном корпусе с сопутствующими микросхемами,

давая существенный выигрыш в технологичности, размерах, совместимости, простоте использования и, конечно же, в совокупной стоимости системы. Кроме того, МЭМС более устойчивы к ударам, вибрации и электромагнитным помехам, чем кварц. И, наконец, их можно сконструировать свободными от провалов на температурной характеристике, а диапазон рабочих температур расширить за пределы $-40 \dots +85^{\circ}\text{C}$.

Однако кварцевые устройства синхронизации имеют долгую и успешную историю. Это зрелая и хорошо отработанная технология с ключевым преимуществом, которое еще должны завоевать МЭМС-компоненты: кварцевый материал очень стабилен в широком диапазоне температур. А это важный фактор для устройств, которые должны работать при типичных температурах от -40 до $+85^{\circ}\text{C}$. В МЭМС используется кремний, размягчающийся с повышением температуры, что приводит к изменению критического параметра – частоты, недопустимому во многих приложениях.

Допустимый уход частоты, конечно, зависит от продукта и рынка. Промышленные приборы и мобильные устройства связи предъявляют другие требования, чем, например, оборудование инфраструктуры связи. Для цепи синхронизации мобильного устройства может требоваться стабильность ± 2.5 ppm при температуре от -30 до $+85^{\circ}\text{C}$, в то время как для менее требовательных приложений будет приемлем температурный дрейф от ± 50 до ± 100 ppm.

Помимо частотной стабильности, еще одним важным параметром для устройств синхронизации является джиттер (и тесно связанный с ним параметр «фазовый шум»). Джиттер – это, фактически, случайные откло-

нения выходного сигнала от номинальной частоты.

Для пользователей также немаловажно, насколько можно расширить «собственную» опорную частоту генератора, с тем, чтобы свести к минимуму количество шагов дополнительного масштабирования, необходимого для получения требуемой рабочей частоты. Чем больше они масштабируют исходную частоту, тем больше вносится шумов и страдает качество выходного сигнала. Добавление дополнительной цепи к генератору позволяет ему работать на гармониках (обертонах) основной частоты, но, в сравнении с обычным режимом, это также увеличивает джиттер.

Наконец, в мире, в котором так много продуктов с батарейным питанием, и на счету каждый милливатт, пользователи считают энергопотребление компонента жизненно важным фактором. Во многих конструкциях существуют ограничения на допустимую мощность и связанные с этим проблемы теплоотвода.

МЭМС в двух вариантах: электростатика против пьезоэлектричества

Существуют два различных подхода к проектированию устройств синхронизации на основе МЭМС: электростатический и пьезоэлектрический. В первом подвижные кремниевые МЭМС-элементы взаимодействуют с окружающим их точно контролируемым электрическим полем. Такое электростатическое или емкостное воздействие приводит в движение части ядра МЭМС-резонатора (Рисунок 1). Второй подход предполагает использование в МЭМС-резонаторе пьезоэлектрических актиuatorов, преобразующих механи-

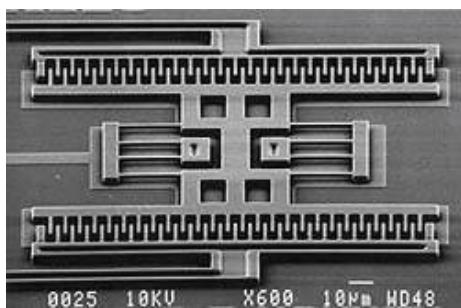


Рисунок 1. Метод создания электростатических МЭМС-резонаторов основан на использовании электрического поля, взаимодействующего с подвижными элементами.

ческое движение и нагрузку в электрический сигнал, и наоборот (Рисунок 2).

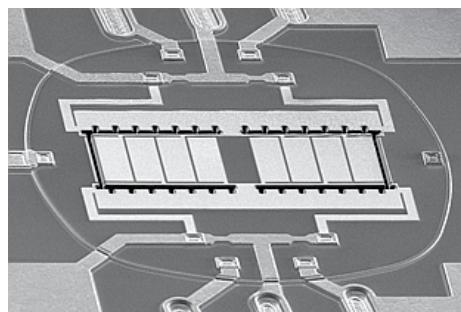


Рисунок 2. Пьезоэлектрический подход основан на зависимости электрического напряжения от механического и имеет потенциал для создания качественных резонаторов.

Учитывая значительные преимущества МЭМС над кварцем, как мы можем оценить и сравнить два разных сложных подхода к достижению высокой стабильности, низкого шума и малого потребления тока, которые позволяют вытеснить кварцевые генераторы?

Для решения первой проблемы, стоящей на пути вытеснения кварца, то есть высокой температурной стабильности частоты, разработчики электростатических МЭМС обычно дополняют схему генератора цифровым синтезатором, компенсирующим более 3000 ppm дрейфа в диапазоне от -40 до +85 °C. И хотя дрейф этим способом устраняется эффективно, он, к сожалению, приводит и к негативным последствиям, внося существенный дополнительный джиттер и фазовый шум, а также увеличивая потребление тока, что зачастую неприемлемо для высококачественных приложений.

Напротив, производители пьезоэлектрических МЭМС, такие как Sand 9, устранили дрейф, используя комбинацию методик, которая дает меньший джиттер и фазовый шум по сравнению с компенсацией посредством синтезатора. Во-первых, пьезоэлектрический МЭМС-резонатор, представляющий собой монолитный элемент, с обеих сторон ламинируют слоем диоксида кремния (SiO_2), что делает элемент прочнее и на порядок уменьшает дрейф. Во-вторых, сопутствующая цепь генератора содержит аналоговый компенсирующий контур, который работает быстрее, чем цифровой синтезатор, а также добавляет намного меньше фазового шума и джиттера. Хорошо спроектированный МЭМС-генератор, например, выпускаемый

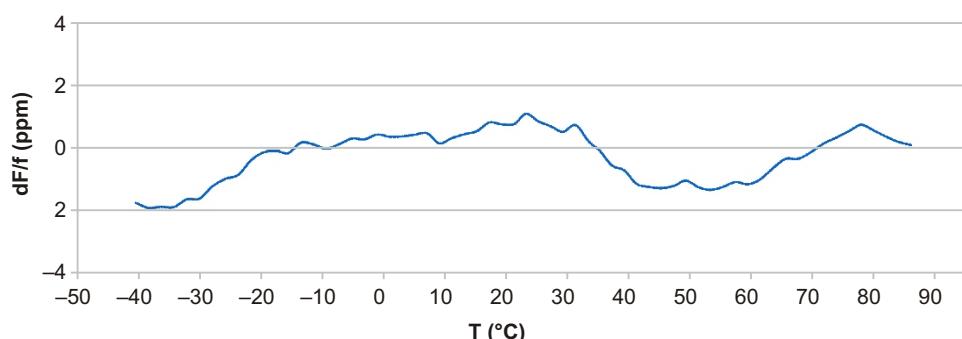


Рисунок 3. Нормированный частотный дрейф компенсированного устройства компании Sand 9 сопоставим с дрейфом кварцевого генератора во всем диапазоне рабочих температур.

компанией Sand 9, может иметь начальную точность, достигающую ± 5 ppm, и превосходить кварцевые изделия по стабильности в температурном диапазоне от -40 до $+85$ °C (Рисунок 3).

Другим важным параметром является начальное смещение частоты относительно идеального «истинного» значения – неизбежный фактор производственного разброса. Решение, основанное на использовании синтезатора для компенсации дрейфа в электростатических МЭМС, также может быть адаптировано производителем устройств для калибровки начального смещения. Однако это приведет к дальнейшему увеличению джиттера и фазового шума, а также к росту потребляемого тока.

В противоположность этому, подход на основе пьезоэлектричества позволяет выбирать любой из трех вариантов коррекции начального сдвига частоты. Можно встроить синтезатор, или откалибровать МЭМС, – оба варианта применимы, в зависимости от требований приложения. Третий вариант заключается в том, чтобы оставить начальное смещение частоты таким, какое оно есть. Это работает, потому что существуют требующие точной синхронизации приложения, в цепи обработки сигнала которых уже имеются внешние или интегрированные в другую микросхему синтезаторы. Поскольку наивысшие параметры источника частоты являются основным приоритетом для многих разработок класса high-end, эти синтезаторы также могут корректировать начальное смещение частоты.

Для электростатической архитектуры характерна слабая связь между механическим и электрическим режимами, что приво-

дит к неэффективному преобразованию энергии. Энергия, передаваемая электростатическим способом, примерно в сто раз меньше, чем при пьезоэлектрическом способе. В результате получается плохое отношение сигнал/шум и значительный джиттер и фазовый шум на выходе.

Чтобы компенсировать меньшее отношение сигнал/шум и улучшить характеристики, электростатическое устройство должно иметь больший размер или повышенное энергопотребление, или и то, и другое, поэтому законченное электростатическое устройство

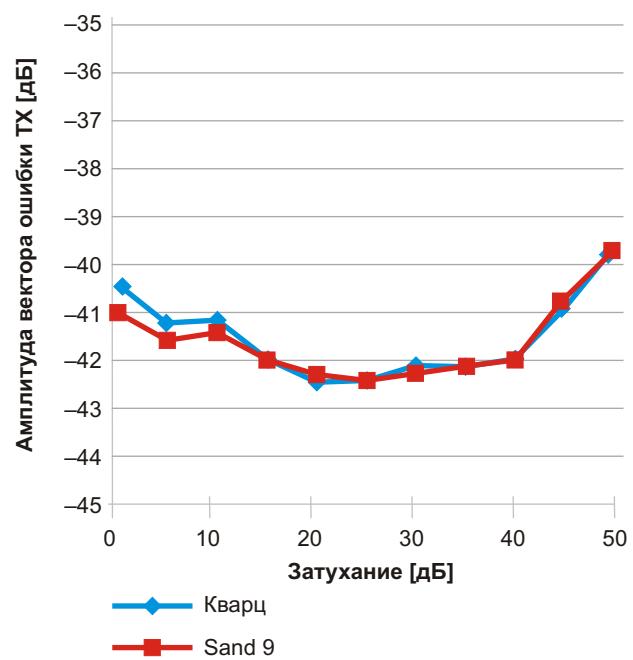


Рисунок 4. Зависимости величины вектора ошибки от затухания для передатчиков LTE с МЭМС генератором компании Sand 9 и с кварцем демонстрируют сопоставимые характеристики, несмотря на различия в размерах и стоимости.

потребляет значительно больше тока, чем сопоставимое пьезоэлектрическое. Большой ток делает электростатическое устройство малопригодным для использования в приемопередатчиках сотовых сетей. К тому же, несмотря на значительное потребление тока, оно, все равно, не в состоянии обеспечить уровни джиттера и фазового шума, приемлемые для приложений, требующих точной синхронизации, например, для коммуникационного оборудования (Рисунок 4).

Диапазон собственных частот является еще одной областью, где характеристики электростатических и пьезоэлектрических устройств сильно различаются. Доступные на сегодняшнем рынке типичные конструк-

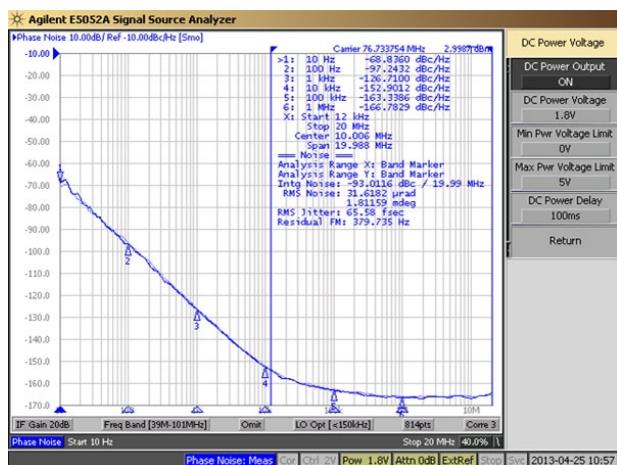


Рисунок 5. Резонатор Sand 9 при совместной работе с обычным генератором 1.8 В может удовлетворять требованиям приемопередатчиков сотовых сетей, оборудования GPS/GNSS и устройств беспроводной связи.

ции, основанные на электростатической технологии, достигают максимальной частоты порядка 48-50 МГц в режиме основной гармоники, в то время как пьезоэлектрические приборы, например, выпускаемые компанией

Sand 9, могут работать на частотах 125 МГц и выше. Использование неосновных гармоник может расширить диапазон частот для электростатических устройств, но за это придется заплатить увеличением джиттера, фазового шума и отношения сигнала/шум.

В некоторых электростатических конструкциях диапазон собственных частот увеличивают путем уменьшения размеров основного элемента. Однако сокращение площади поверхности соответствующим образом ослабляет электромеханическую связь, что снижает энергоэффективность и увеличивает джиттер/фазовый шум. Заметим, что пьезоэлектрический резонатор, например, компании Sand 9, работая в паре с обычным генератором 1.8 В, может иметь фазовый шум -127 дБн/Гц (Рисунок 5).

Заключение

МЭМС-генераторы являются качественной и инновационной альтернативой устройствам на основе кварца, традиционно использовавшимся в качестве источников синхронизации. Хотя оба подхода к реализации этих конструкций на МЭМС могут конкурировать с кварцем, они существенно отличаются по своим возможностям и рыночному потенциалу.

Крупные достижения в области МЭМС-технологий в сочетании с преимуществами пьезоэлектрического подхода укрепляют позиции новых устройств в битве с кварцем. Генераторы на основе МЭМС могут обеспечить высокую стабильность, низкий уровень шумов, малое энергопотребление и более широкий исходный диапазон частот. Эти параметры являются критическими для многих приложений, требующих точной синхронизации. Кроме того, новые генераторы лишены многих недостатков кварцевых устройств. **РЛ**

3D принтеры: фабрика на столе

Часть 2

Окончание. Начало в номере 08-2013

Михаил Русских, tau68@rambler.ru

Дается краткое описание 3D принтеров ценового диапазона ниже \$1000, приводятся советы по настройке и использованию принтеров, рассматриваются наиболее популярные бесплатные программы для создания трехмерных моделей для печати.

Принтеры, представленные на рынке (стоимостью ниже \$1000)

Здесь будут описаны 3D принтеры, цену на которые производители установили ниже \$1000, что позволяет отнести эти устройства к бюджетному классу. Следует заметить, что низкая цена не обязательно означает плохое качество печати. Некоторые бюджетные модели по точности и скорости печати вполне могут обойти принтеры высокой ценовой категории. Однако, из-за уменьшения объема принтера, вызванного необходимостью сокращения количества материалов, требуемых для его изготовления, размеры рабочей области в большинстве случаев невелики. Бюджетные принтеры можно порекомендовать энтузиастам, желающим быстрее освоить ремесло печати трехмерных объектов, потратив на это небольшую сумму.

UP! mini

Китайская компания PP3DP [1], помимо принтера UP!, выпустила компактный бюджетный принтер UP! mini (Рисунок 1). В отличие от своего старшего собрата, UP! mini в отношении качества печати получил меньше нареканий со стороны пользователей. Этот принтер благодаря прочному металлическому корпусу выглядит как стильное офисное решение, а небольшой вес позволяет брать

его с собой куда угодно, хотя UP! mini весит на 1 кг больше, чем UP!. Поддерживается печать как ABS, так и PLA. В качестве недостатка можно отметить малую область печати.



Рисунок 1. UP! mini.

- Размер рабочей области: 120 120 120 мм
- Толщина слоя: опционально 0.2 / 0.25 / 0.3 / 0.35 мм
- Скорость печати: от 10 до 100 см³/ч
- Габариты: 24.5 26 35 см
- Вес: 6 кг
- Стоимость: \$899

Solidoodle 3

Это последняя на сегодняшний день версия (Рисунок 2) принтера семейства Solidoodle американской компании Solidoodle LLC [2]. От своих предшественников Solidoodle 3 отличается большим размером

области печати. По точности печати и толщине слоя принтер сравним с MakerBot Replicator 2, но стоит намного дешевле, поэтому те, кому не по карману Replicator, вполне могут довольствоваться этим принтером.

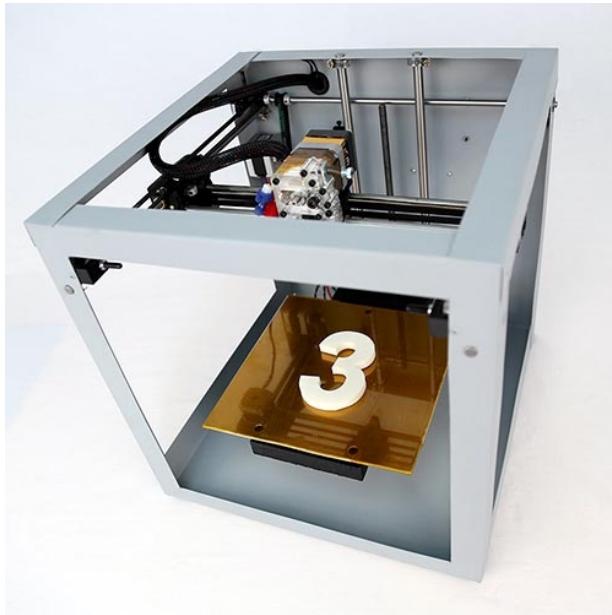


Рисунок 2. Solidoodle 3.

- Размер рабочей области: 203 203 203 мм
- Толщина слоя: от 0.1 до 0.3 мм
- Погрешность по осям X и Y: 0.011 мм
- Габариты: 34 36 36 см
- Вес: 8 кг
- Стоимость: \$799

Printrbot Jr и Printrbot LC

Принтеры Printrbot Jr (Рисунок 3) и Printrbot LC выпускаются компанией Printrbot Inc. [3], основанной Бруком Драмом (Brook

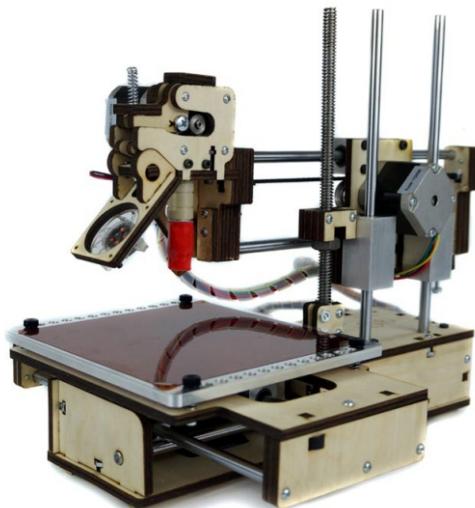


Рисунок 3. Printbot Jr.

Drumm). Начав в 2011 году компанию на кикстартере, он задался целью построить компактный и недорогой 3D принтер для домашнего использования. Оба принтера имеют приемлемую точность печати и небольшой вес. Однако Printrbot Jr не предполагает печать ABS, так как в данной конструкции подогреваемая платформа не используется, а Printrbot LC может печатать и PLA, и ABS, и, следовательно, стоимость его выше.

Printrbot Jr:

- Размер рабочей области: 114 140 100 мм
- Толщина слоя: 0.1 мм
- Погрешность по осям X и Y: 0.1 мм
- Габариты: 25.4 25.4 15.4 см
- Вес: 2.9 кг
- Стоимость: \$499 в собранном виде, \$399 за набор

Printrbot LC:

- Размер рабочей области: 150 150 150 мм
- Толщина слоя: 0.1 мм
- Погрешность по осям X и Y: 0.1 мм
- Габариты: 36 31 31 см
- Вес: 8.2 кг
- Стоимость: \$799 в собранном виде, \$649 за набор

Portabee

Само название этого принтера сингапурской компании Portabee 3D Printer [4] говорит о его портативности и легкости (Рисунок 4). Уникальной особенностью данного устро-

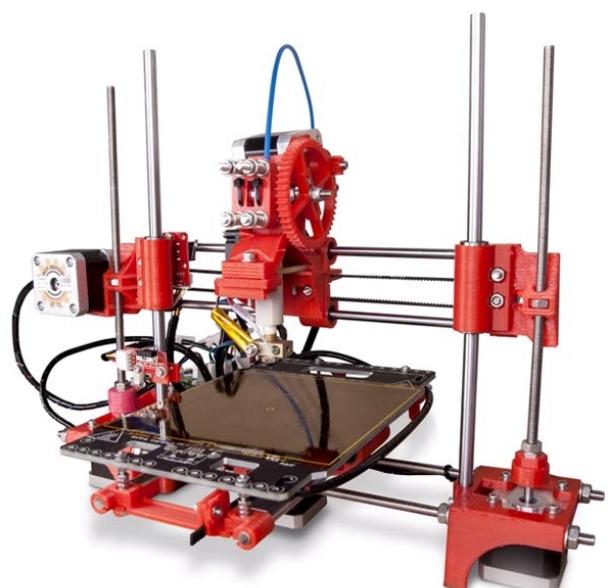


Рисунок 4. Portabee.

йства с открытой конструкцией является возможность очень быстро (за несколько минут) разобрать его и положить в сумку (подойдет даже чехол для ноутбука). В собранном виде его размеры составляют 360 300 96 мм. Несмотря на это, принтер обладает вполне приемлемым качеством печати и использует ABS и PLA. Кроме того, Portabee является open-source проектом и активно поддерживается своим сообществом.

- Размер рабочей области: 120 120 120 мм
- Толщина слоя: 0.2...0.3 мм
- Скорость печати: 43 мм/с
- Погрешность по осям X и Y: 0.1 мм
- Вес: 2.8 кг
- Стоимость: \$499 за набор

MakiBox

MakiBox (Рисунок 5) – это проект дизайнера Джонатана Буфорда (Jonathan Buford) [5], решившего, как и Брук Драм, создать качественный, компактный, стильный, а главное, очень дешевый принтер. Устройство имеет закрытый корпус, благодаря чему внутри поддерживается оптимально высокая для печати температура. Двигатели и электронная начинка отдалены от рабочей камеры и имеют активное охлаждение. Кроме того, Буфорд сделал еще одно необычное нововведение. Он отказался от ремней и шкивов, традиционно использующиеся для приведения в движение печатающей головки в большинстве принтеров, заменив их червячной передачей, применяемой, в основном, для

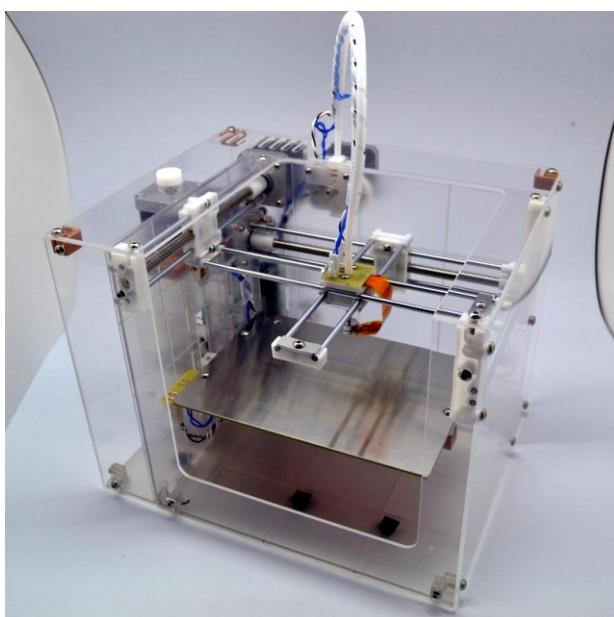


Рисунок 5. MakiBox A6 HT Acrylic.

перемещения платформы вдоль оси Z. Это позволило удешевить конструкцию. Принтер MakiBox предлагается в трех вариантах: A6 LT, A6 HT Acrylic и A6 HT Stainless. Самый дешевый MakiBox A6 LT не располагает подогреваемой платформой, поэтому может печатать только PLA. Модель A6 HT Acrylic имеет подогреваемую платформу, поэтому стоит на \$100 дороже. Вариант A6 HT Stainless в отличие от A6 HT Acrylic выполнен в прочном стальном корпусе.

- Размер рабочей области: 150 110 90 мм
- Толщина слоя: от 0.04 до 0.3 мм
- Скорость печати: 100 мм/с
- Погрешность по осям X и Y: 0.004 мм
- Габариты: 29 23.5 23.5 см
- Стоимость (A6 LT / A6 HT Acrylic / A6 HT Stainless): \$200 / \$300 / \$350

Полезные советы по использованию 3D принтера

Поскольку печать трехмерных объектов представляется довольно новым и неизведанным направлением, особенно в нашей стране, начинающим будет полезна информация, которая поможет правильно настроить принтер и организовать качественную печать.

Калибровка

После доставки, распаковки и установки принтера на рабочем месте в первую очередь, если имеется возможность, необходимо удостовериться, что все двигатели, электроника, печатающая головка не повреждены, находятся на своем месте иочно закреплены. Также следует проверить целостность лент, передающих движение валов двигателей рабочему органу, и проводов на наличие разрывов или отпаек. Кроме того, рекомендуется проверить все болты и, по возможности, подтянуть их. В основном это касается RepRap-подобных устройств, сборка которых могла выполняться либо низкоквалифицированным персоналом, либо в спешке.

Перед началом печати нужно откалибровать устройство, поскольку, даже если производитель сделал это и протестировал изделие перед отправкой, есть вероятность, что в процессе транспортировки калибровка была нарушена. Данная процедура довольно проста и сводится к тому, что в начале печати

платформа должна располагаться максимально близко к печатающей головке, но не вплотную. Дело в том, что в самом начале работы принтер должен убедиться, что все рабочие органы находятся в нулевом положении, относительно которого и будет вестись дальнейший расчет координат. Для этого он перемещает платформу и печатающую головку к концевым выключателям, при контакте с которыми управляющей электронике подается сигнал о достижении нулевого положения. Если в таком положении платформа находится достаточно далеко от сопла, пластик может литься вниз со смещением. Если же платформа слишком приближена к соплу, то само сопло в процессе печати будет сталкиваться с уже напечатанным и затвердевшим слоем. И то и другое приводит к неудовлетворительному качеству модели. Таким образом, нужно обеспечить необходимое расстояние между платформой и соплом, равное или немного большее толщины слоя. Для этого надо подвинуть платформу на высоту, когда сработает концевой выключатель (Рисунок 6). Затем следует



Рисунок 6. Концевой выключатель.

выровнять платформу строго горизонтально и убедиться, что обеспечивается требуемое расстояние. Например, при толщине слоя 0.1 мм в промежуток можно пропустить лист бумаги (обычно его толщина 0.1 мм). Если он свободно проходит, но и не «гуляет» вверх-вниз, то расстояние можно считать удовлетворительным.

Усовершенствование платформы

Поскольку печать моделей ведется разогретым до высоких температур материалом, закономерным явлением будет прилипание этой модели к поверхности платформы. Ее желательно отслаивать с помощью специальной лопатки с заостренными краями. При постоянном использовании принтера внешний вид платформы может испортиться из-за появления мелких царапин, вмятин, кусочков пластика, что сделает ее непригодной для качественной печати. Чтобы избежать этого, платформу обычно покрывают дополнительным материалом.

В случае печати ABS-пластиком поверхность обклеивают изоляционной лентой, выполненной из каптона, термостойкого материала, сохраняющего стабильность в высоком диапазоне температур (от -273 до +400 °C). При использовании ABS температуру плавления, как правило, устанавливают 220-240 °C, а температуру нагрева платформы 100-120 °C для того, чтобы края модели не отклеивались и не деформировались.

Печатая PLA, можно поверх платформы установить кусок стекла, который совпадал бы с ней по размерам. Стекло крепят с помощью канцелярских скрепок или прищепок. Температура плавления PLA меньше, чем ABS, поэтому в данном случае печатающий элемент разогревают до 180-220 °C, а для более качественной печати также подогревают и платформу до 65-75 °C.

Смещение слоев

В процессе печати при неудовлетворительных температурных условиях качество модели может ухудшаться, особенно при печати ABS. Даже если первые слои напечатались отлично, следующие в дальнейшем могут смещаться, также возможно образование видимых щелей. Это происходит из-за недостаточного остывания предыдущего слоя в момент наложения на него следующего. Безусловно, предыдущий слой может иметь повышенную температуру относительно комнатной, и это помогает ему «схватиться» со следующим, но чрезмерный перегрев способствует его «уплыvанию».

Существуют два способа избежать таких последствий. Самый простой – уменьшить скорость движения печатающей головки. Тогда предыдущий слой успеет остыть раньше, чем на него будет наложен следующий. Второй способ предполагает организацию активного охлаждения модели при печати, при котором на объект будет подаваться необходимое количество воздуха. Естественно, проблему лучше решить первым способом, поскольку он не требует серьезных затрат, хотя время создания модели увеличится. К тому же, если вентилятор будет дуть непосредственно на печатающий элемент, это может привести к его недопустимому охлаждению, что будет препятствовать нормальному выдавливанию пластика. Обдув платформы так же нежелателен, поскольку модель к

ней может не прилипнуть и «гулять» во время печати. Таким образом, при организации активного охлаждения нужно предусмотреть различные нюансы.

Сглаживание напечатанной модели

Поскольку принтер печатает объект, накладывая пластик послойно, в силу невысокого разрешения принтера переходы между слоями можно заметить невооруженным глазом или определить на ощупь. Для того чтобы сгладить модель и привести ее к, так сказать, товарному виду, применяют ацетон. Суть метода состоит в том, что пары ацетона постепенно выравнивают поверхность объекта, и переход между слоями исчезает. Для этого необходима плита или платформа с подогревом, банка и ацетон. Налитый на дно банки ацетон разогревают до температуры 90-110 °C, затем в эту банку помещают модель на время, которое зависит от размера модели (обычно 5-20 минут). Не следует надолго оставлять объект в банке, чтобы избежать чрезмерного оплавления. Примеры работ, сглаженных с помощью ацетона, можно посмотреть по ссылкам [6, 7, 8].

3D редакторы

Как и при использовании обычного принтера, где тексты создаются различными редакторами вроде Microsoft Word, OpenOffice, WordPad, так и для создания трехмерных моделей используют специальные 3D редакторы. Требования, предъявляемые к таким редакторам разработчиками моделей, различны и зависят от уровня их мастерства, сложности проекта, доступности программы и качества поддержки, но основным требованием является возможность сохранения результата в формате, который поддерживает слайсер принтера. Для большинства слайсеров таким форматом является stl.

На сегодняшний день существует огромное количество 3D редакторов. Самыми популярными считаются 3D Studio Max и Maya. Они предоставляют широкие возможности для моделирования, но для создания модели для печати они весьма избыточны и сложны. В первую очередь, эти редакторы предназначены для разработчиков компьютерных игр, аниматоров и специалистов по спецэффектам. Для профессиональных инженеров отличным решением будет САПР Autocad версии 2010 и выше, в которой реализованы

все необходимые функции для работы с трехмерными объектами. Но стоит заметить, что это довольно сложная в освоении программа. Кроме того, значительным минусом этих редакторов с точки зрения рядового пользователя является их стоимость – более \$3000 на одно рабочее место. Поэтому ниже будут представлены бесплатные программы, подходящие для создания моделей для 3D печати. Следует упомянуть, что в некоторых случаях проще и быстрее найти необходимую модель в сети, например на репозитории бесплатных моделей [9], чем рисовать ее самому.

SketchUp

Это, пожалуй, самая популярная программа [10] среди энтузиастов. Она чрезвычайно проста в освоении, имеет интуитивно понятный интерфейс (Рисунок 7) и позволяет очень быстро создавать несложные объекты. Существуют две версии редактора – бесплатная базовая (SketchUp Make) и профессиональная (SketchUp Pro) стоимостью \$590. Для нужд моделирования трехмерных объектов для печати функционала базовой версии вполне достаточно. Единственным ее минусом является невозможность сохранения в формате stl, но это устраняется установкой специального плагина [11] в каталог SketchUp\Plugins, после чего во вкладке Tools появляется опция Export to STL.

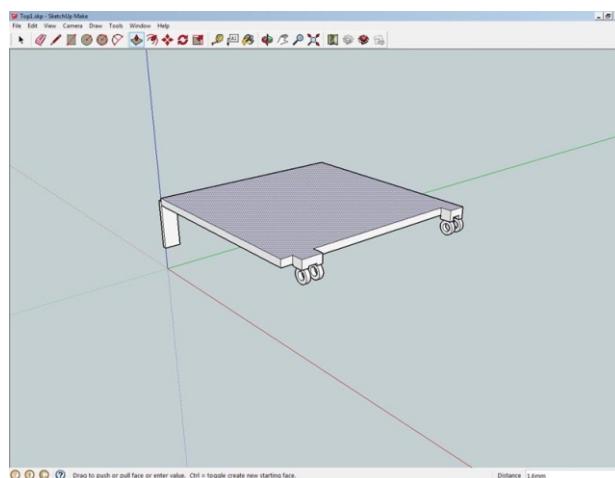


Рисунок 7. SketchUp Make.

3DTin

3DTin – очень простая программа [12]. Уникальной ее особенностью является то, что она запускается из браузера (Рисунок 8), то есть установка на жесткий диск не требуется.

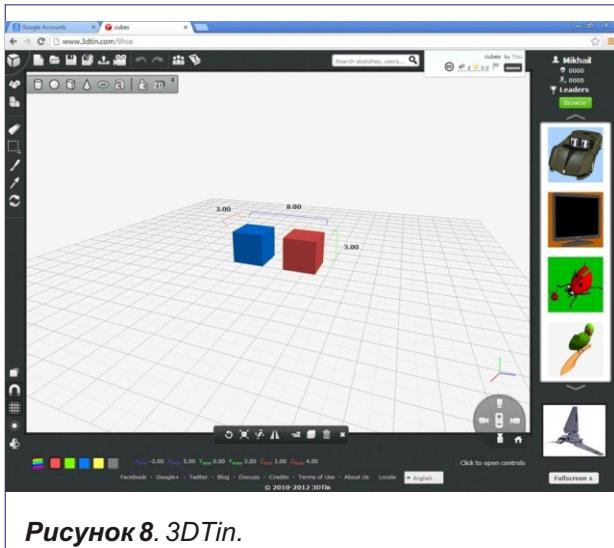


Рисунок 8. 3DTin.

При этом браузер должен поддерживать технологию WebGL. В библиотеке редактора имеется множество бесплатных моделей, и сам он активно поддерживается сообществом. Экспортировать модель можно в форматы stl, dae, obj и png. Возможность сохранения/экспорта моделей доступна только после регистрации.

Blender

Blender [13] представляет собой бесплатный, но в то же время очень мощный пакет для создания трехмерной графики. Его интерфейс (Рисунок 9) достаточно сложен для понимания, и для моделирования простых объектов функционал этого редактора может быть избыточным. Но для создания более сложных моделей (фигурок людей и животных, механизмов, зданий) он прекрасно подойдет. Кроме того, имеется большое количество инструкций и статей, призванных помочь в освоении этой программы. Также

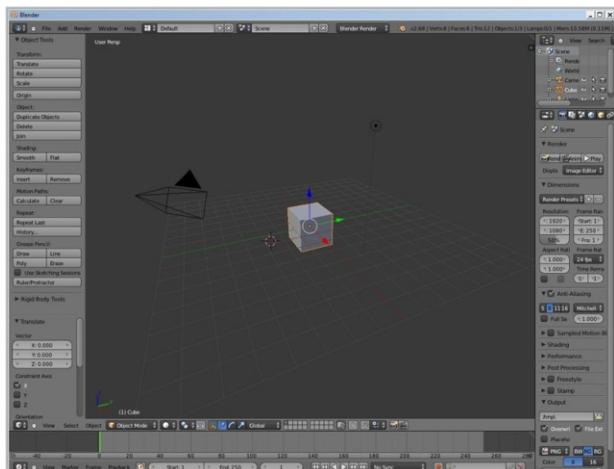


Рисунок 9. Blender.

постепенно растет список поддерживаемых для экспорта форматов, среди которых уже есть stl, obj, dxf, 3ds, x3d.

Autodesk 123D

Компания Autodesk не могла обойти стороной бум 3D печати и выпустила собственный бесплатный продукт Autodesk 123D [14]. По своим возможностям и простоте эта программа схожа с SketchUp, и, как 3DTin, она может запускаться непосредственно из браузера (Рисунок 10), сам браузер должен поддерживать WebGL. Возможность экспорта в формат stl также присутствует. Интересной особенностью редактора является функция создания трехмерной модели по фотографиям объекта, сделанным с разных ракурсов. Однако такая процедура довольно сложна и не дает точного результата.

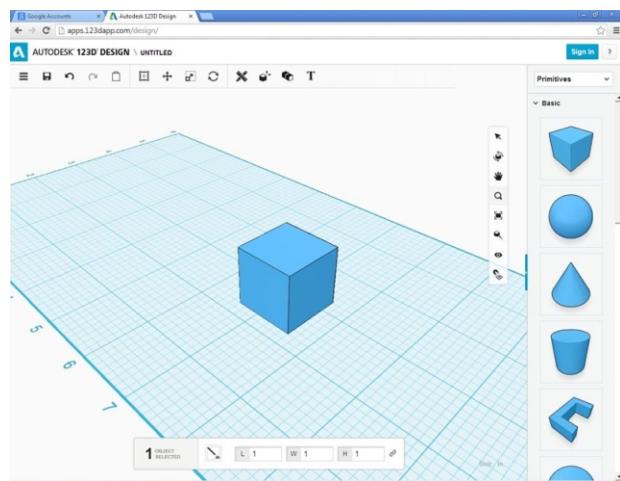


Рисунок 10. Autodesk 123D.

Заключение

Появление 3D принтеров, доступных практически каждому, может существенно повлиять на сферу производства и сбыта товаров или, как минимум, внести в нее свои коррективы. Например, вместо того, чтобы искать в магазинах нужную пластмассовую деталь от автомобиля, пользователь 3D принтера сможет ее просто напечатать. Бурное развитие отрасли печати трехмерных объектов и поддержка ее со стороны многочисленного инженерного сообщества всего мира указывает на то, что эта технология только начинает раскрывать свой потенциал перед человечеством и, возможно, в будущем сможет стать частью наших производственных, экономических и культурных отношений. **РЛ**

Список источников

1. <http://www.pp3dp.com>
2. <http://store.solidoodle.com>
3. <http://printrbot.com>
4. <http://portabee3dprinter.com>
5. <http://makibox.com>
6. <http://www.youtube.com/watch?v=z7083xw9l7o>
7. <http://www.youtube.com/watch?v=bcXLJRIKGuQ>
8. <http://www.youtube.com/watch?v=Xj53P2YzYGM>
9. <http://www.thingiverse.com>
10. <http://www.sketchup.com>
11. <http://sourceforge.net/projects/stl4su>
12. <http://www.3dtin.com>
13. <http://www.blender.org>
14. <http://www.123dapp.com>

Постройте свой собственный дрон

John Donovan

Low-Power Design

В детстве мне очень нравились модели самолетов. Я представлял себе, как тщательно собираю их из бальсовых наборов, обтягивал тонкой бумагой и присоединял шумный двигатель внутреннего сгорания объемом 0.049 л. Затем я шел бы в окрестности школьного двора и наблюдал головокружительный полет аппарата, нарезающего бесконечные круги на конце корды. А сегодня меньше чем за \$100 вы можете купить пенопластовый самолет с питанием от батарей и беспроводным дистанционным управлением.

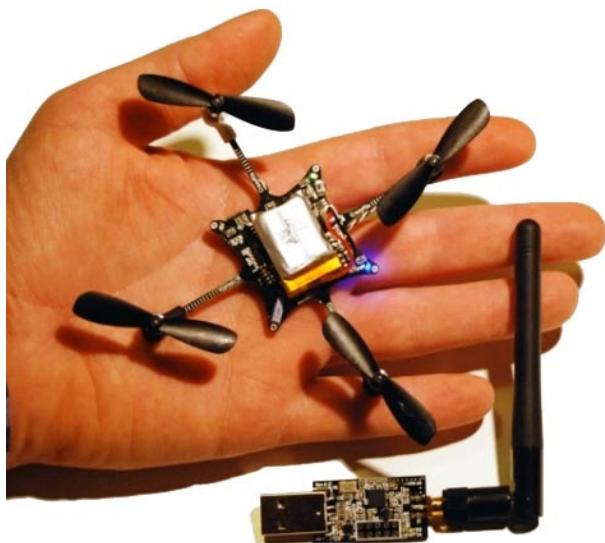


Недавно я приобрел себе такой аппарат и отправился с ним на задний двор школы, где мой сын и я прекрасно провели время. Грохочущий двигатель внутреннего сгорания теперь заменен бесщеточным электромотором постоянного тока с микроконтроллерным управлением и питанием от NiMH батареи 7.2 В/1000 мАч. Я легко могу добавить маленькую камеру и передатчик, и моя дешевая модель самолета вдруг превратится в беспилотный летательный аппарат (БПЛА), известный также как дрон.

Оказывается, в эти вещи вкладывается много инженерной мысли. Веб-сайт DIYDrones позиционирует себя, как «веду-

щее сообщество любителей персональных БПЛА». Это исключительно активный сайт, представляющий собой нечто среднее между SourceForge и Home Depot. Вы можете купить там практически любое железо, или же бесплатно загрузить схемы, чертежи и программы – все, что когда-либо сможет понадобиться вам, чтобы запустить на заднем дворе собственного дрона.

Самым крошечным из всех является **CrazyFlie Nano Quadcopter**, который легко умещается в ладони вашей руки, но живет как сумасшедшая колибри, направляемый вашим ПК или смартфоном Android. CrazyFlie управляется 32-разрядным микроконтроллером компании STMicroelectronics и содержит 3-осевой MEMS гироскоп, 3-осевой акселерометр, альтиметр, датчики для курсовых измерений и приемопередатчик с выходной мощностью 0 дБ (1 мВт), работающий на частоте 2.4 ГГц. При собственном весе 19 г он способен поднять полезную нагрузку не более 10 г, так что носить камеру для него



CrazyFlie Nano

затруднительно, хотя и возможно. Зато можно установить массив светодиодов и гоняться в темноте за кошкой. Для желающих заняться творчеством доступно свободно распространяемое программное обеспечение, также, как и свободные разъемы расширения. Стоит этот квадрокоптер \$179 вместе с радио.



ArduCopter 3.0

Если же вам нужна серьезная вещь, то обратите внимание на **ArduCopter 3.0**, построенный на всеми уважаемой платформе Arduino, про который говорят «больше, чем средний квадрокоптер». Это многороторный БПЛА с открытой документацией. Вот, что он умеет:

- Автоматический взлет и посадка
- Автоматическое управление уровнем и высотой
- *ArduPilot*, способный автоматически пролететь квадрокоптер между 35 путевыми точками и вернуться к месту старта (конечно же, требуется модуль GPS)
- Полноценная ROS (Операционная система для роботов), способная управлять «роением» множеств БПЛА. (Надо надеяться, что эта опция отключается)
- Приложение *MissionPlanner* позволяет вам кликами на карте расставлять путевые точки, через которые пролетит ArduCopter

- Полностью программируемое управление камерой позволяет сделать предустановки для каждой путевой точки

Поскольку ArduCopter продается в виде набора, он может иметь множество конфигураций и предлагаться с несчетным количеством опций. Если же вам требуется ArduCopter в сборе и полностью готовый к полету, его базовая цена составит \$600 и будет быстро повышаться по мере расширения списка ваших желаний.

А если вам больше по вкусу неподвижные крылья, и вам не потребуется, чтобы камера могла висеть над одной точкой, покупайте **ArduPlane**, победивший в конкурсе БПЛА 2012 Outback Challenge. Базовая цена – \$550, за которую, однако, вы получите некоторое количество дополнительных сладостей.

И, наконец, если у вас уже есть радиоуправляемый самолет, вы можете за \$179 купить GPS автопилот APM 2.5, а также, возможно, дополнительный набор телеметрического оборудования за \$75, и превратить вашу игрушку в полностью автономный БПЛА. Да, не забудьте еще про 5.8 ГГц передатчик и приемник видео (\$190).



ArduPlane

Вот так, совершенно неожиданно, мой пластиковый самолет за \$95 подорожал с момента первой покупки в пять раз. **РЛ**

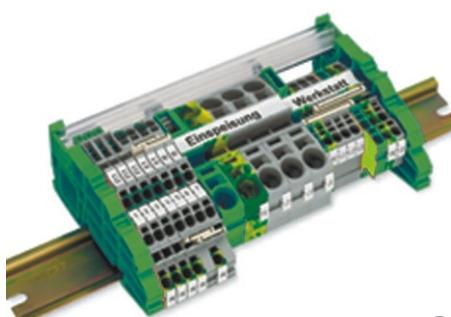
настоящее немецкое качество



контрольно-измерительное оборудование



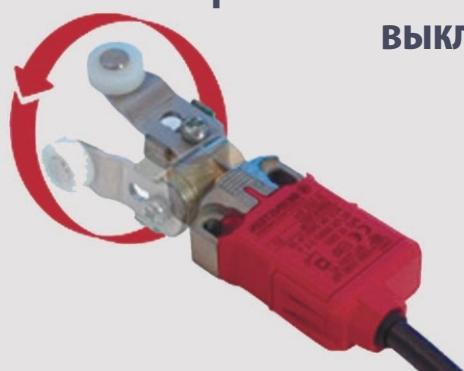
инструмент для разделки кабеля и снятия изоляции



клеммы на DIN рейку и для печатных плат



промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ



МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU



Основные усовершенствования и нововведения в новой версии среды разработки печатных плат CADSTAR 14.0

Компания Zuken представила версию 14.0 интегрированной среды проектирования печатных плат CADSTAR. В мире САПР на платформе персональных компьютеров CADSTAR является одним из лучших решений по соотношению цена/производительность. В целом система содержит полный набор необходимых инструментов и включает в себя средства схемного ввода, размещения, ручной, интерактивной и автоматической трассировки, анализа целостности сигналов и электромагнитной совместимости, трехмерного анализа плат в их механическом окружении и подготовки конструкторско-технологической документации.

В статье мы рассмотрим основные усовершенствования, функции и возможности

обновленной версии среды проектирования печатных плат.

Механизм блокировки ошибок при проверке проектных норм (Design Rule Check, DRC)

Любая проектная ошибка (Design Rule Error) в отчете Design Rule Check (Рисунок 1) может быть помечена пользователем для игнорирования. Таким образом пользователь принимает к сведению некритичные ошибки, выявленные механизмом проверки, и сосредотачивается на других ошибках в проекте.

Окно отчета проверки проектных норм теперь имеет кнопки-флажки (Check Box) для каждой обнаруженной ошибки. Эти кнопки предназначены для отбора пользователем некритичных ошибок. Все помеченные ошибки будут перемещены в конец списка после следующего выполнения проверки (Рисунок 2).

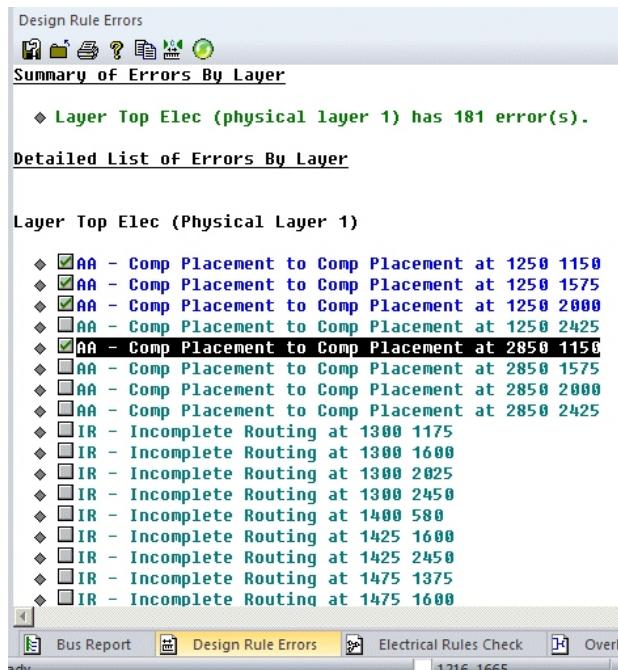


Рисунок 1. Вид окна с отчетом проверки проектных норм.

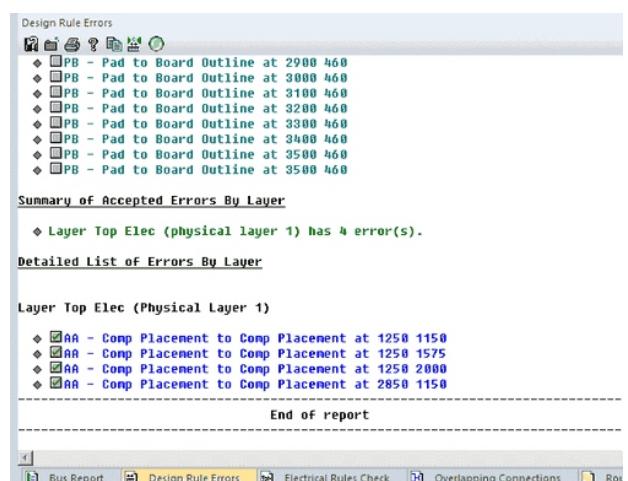


Рисунок 2. Проектные ошибки, помеченные и принятые пользователем, располагаются в конце списка.

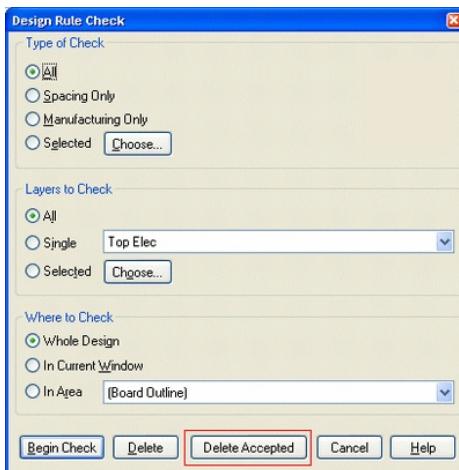


Рисунок 3. Диалоговое окно настройки правил проверки проектных норм.

Диалоговое окно для настройки проверки проектных норм в среде CADSTAR 14.0 имеет теперь кнопку для удаления только помеченных пользователем ошибок DRC (Рисунок 3). Дополнительно введена опция для настройки цветовой гаммы помеченных пользователем ошибок в отчете (Accepted Errors), что делает их легко отличимыми от других неотмеченных ошибок (Рисунок 4).

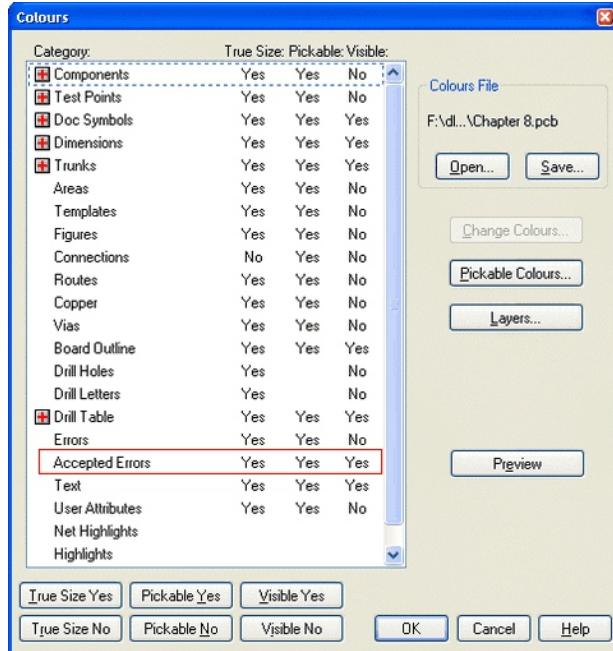


Рисунок 4. Окно настройки цветовой схемы системы CADSTAR 14.0

Идентификаторы выводов и символьное обозначение выводов элементов

Номера выводов (Pin Numbers) элементов заменены идентификаторами выводов (Pin

Identifiers), которые допускают символьные (цифробуквенные) и непоследовательные числовые обозначения. Имена выводов можно также начинать с цифры или обозначать только цифрами.

Автотрассировка соединений в редакторе схем при перемещении элементов (Autoroute on Move)

При перемещении элементов проекта в редакторе схем все соединения элементов динамически трассируются (перерисовыва-

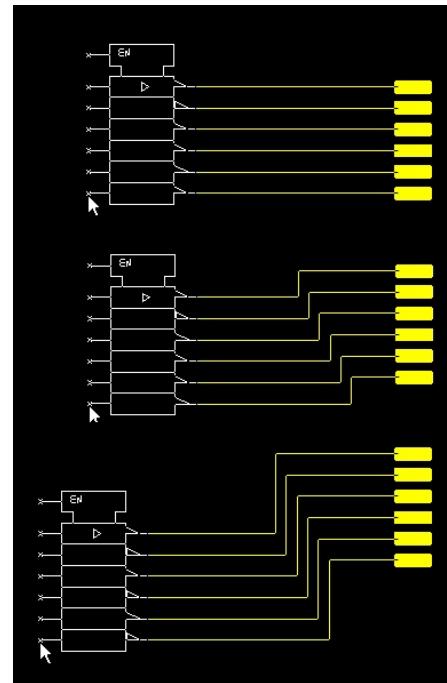


Рисунок 5. Автотрассировка соединений при перемещении элементов в редакторе схемы.

ются) с целью исключения пересечений с другими элементами, соединениями и символами (Рисунок 5).

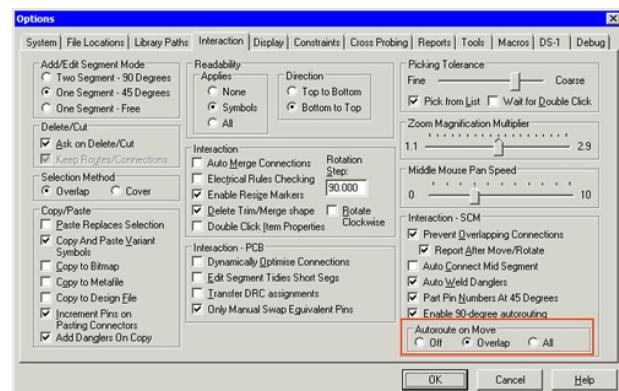


Рисунок 6. Включение режима автотрассировки соединений элементов при их перемещении.

Раньше

Теперь, выкл.

Теперь, вкл.

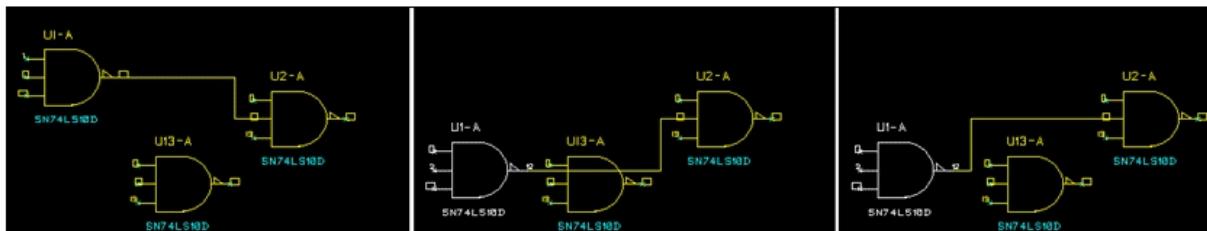


Рисунок 7. Вариант прорисовки соединений до и после включения автотрассировки (*Autoroute on Move*).

Автотрассировка соединений активируется пользователем включением функции «Autoroute on Move» в диалоговом окне настроек «Options» системы CADSTAR 14.0 на вкладке *Interaction*, или же в контекстном меню при перемещении элементов (Рисунок 6). Трассировка (маршрутизация) соединений элементов на схеме всегда будет ортогональной.

На Рисунке 7 изображены варианты прокладки соединений элементов при отсутствии функции автотрассировки в предыдущих версиях САПР (*Раньше*), а также в новой версии при отключенном (*Теперь, выкл.*) и включенном (*Теперь, вкл.*) функции автотрассировки.

Расширенные возможности мастера BGA Wizard

Возможности мастера создания корпусов BGA (Рисунок 8) и мастера создания матрицы выводов (сетка выводов со смещением) были расширены за счет дополнительных параметров детализации:

- количество выводов, удаляемых с каждого угла (только мастер создания BGA);
- размер посадочного окна;
- размер дополнительной группы выводов в центре посадочной области;

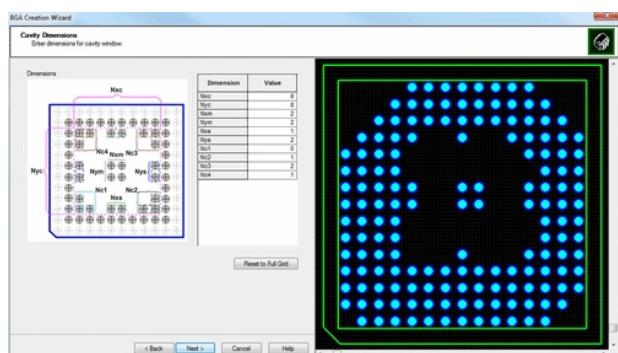


Рисунок 8. Вид диалогового окна мастера создания посадочного места BGA.

- выводы, добавляемые в центр и углы посадочной области.

Также во всех мастерах, относящихся к проектированию печатной платы, добавлен новый режим предварительного просмотра, который позволяет видеть графическое изображение создаваемого компонента.

Одновременно с внедрением цифробуквенного обозначения выводов во всех мастерах проектирования печатной платы для определения имен выводов добавлена новая вкладка, содержащая следующие параметры:

- тип обозначения – например, цифробуквенное или только для BGA/сетки со смещением;
- стартовое значение;
- исключение символов из имени выводов – определяет список символов, которые не должны использоваться в обозначении номеров и имен выводов;
- минимальная длина – количество цифр в обозначении номера вывода; например, если пользователем установлена минимальная длина 3, то обозначение вывода «A1» примет вид «A001».

Расширение таблицы Drill Table

Таблица сверловки и выбора инструментов для сверления имеет дополнительный столбец, в котором будет отображаться любая пользовательская информация или комментарии по данному типу отверстия. Название столбца, комментарии и видимость этого и других столбцов в таблице сверловки определяются пользователем (Рисунок 9).

Функция автоматического сопоставления инструментов для сверления позволяет наиболее часто используемые инструменты отметить в таблице специальным символом «@», который не будет отображаться на

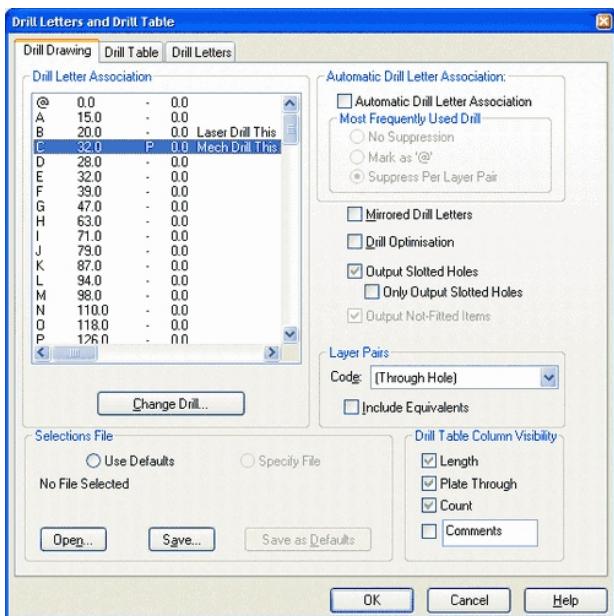


Рисунок 9. Таблица сверловки и выбор инструментов для сверления отверстий с дополнительным столбцом для комментариев пользователя.

карте сверловки (Рисунок 10). В новой версии САПР эта функция имеет еще одну опцию – «Suppress Per Layer Pair», при включении которой в таблице сверловки автоматически отмечается наиболее часто используемый инструмент для сверления относительно пары слоев, а не только в целом для проекта.

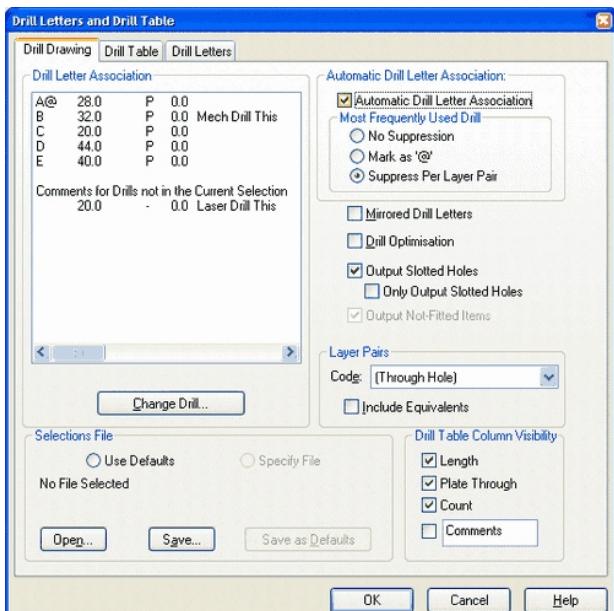


Рисунок 10. Включение функции автоматического сопоставления инструментов в таблице сверловки.

Установка диапазона имен компонентов на листах проекта (Name Range By Sheet)

Установка диапазона имен компонентов на листах проекта – новая функция в редакторе проектов САПР CADSTAR 14.0, которая помогает пользователю установить диапазон имен компонентов в виде числового суффикса для каждого отдельного листа одного проекта. Функция включается в меню «Настройки» и применима к символам/компонентам и контрольным точкам.

После включения функции пользователь самостоятельно задает диапазон для каждого листа проекта, а программа затем пытается присвоить добавляемым на лист символам корректное имя с числовым суффиксом в соответствии с установленным диапазоном (Рисунок 11). Если данная функция включена и пользователь добавляет новый лист в проект, то необходимо прописать для него диапазон имен.

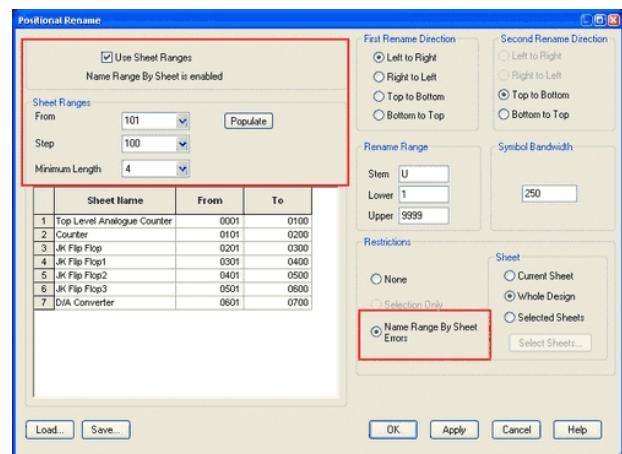


Рисунок 11. Установка диапазонов имен для отдельных листов проекта.

Дополнительно пользователь может воспользоваться функцией автоматического переименования символов, имеющих имена несоответствующие установленному диапазону для листа, на котором они находятся.

Опция переименования контактных площадок

Введение в системе проектирования цифробуквенных обозначений привело к усовершенствованию в редакторе компонентов опции переименования контактных площа-

док (Рисунок 12). Теперь стали доступны следующие возможные варианты переименования:

- числовое;
- цифробуквенное;
- алфавитное (по горизонтали) – числовое (по вертикали);
- алфавитное (по вертикали) – числовое (по горизонтали);
- числовое (по горизонтали) – алфавитное (по вертикали);
- числовое (по вертикали) – алфавитное (по горизонтали).

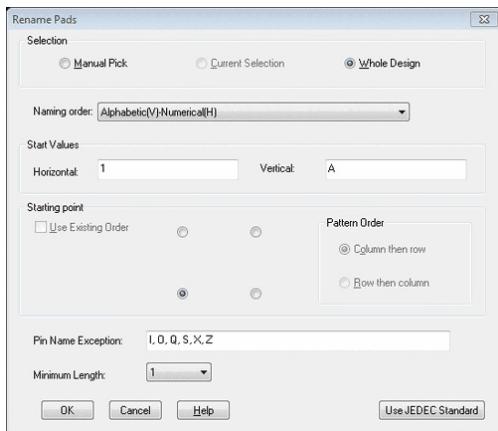


Рисунок 12. Диалоговое окно опции переименования контактных площадок.

Также добавлена возможность выбора стартовой позиции при переименовании контактных площадок.

Возможность выбора цветовой гаммы переходных отверстий для пары слоев печатной платы

Дополнительная опция, которая включается пользователем, поможет быстро определить, какие переходные отверстия соответствуют конкретной паре слоев печатной платы.

В предыдущих версиях среды проектирования цвет магистральных и обычных переходных отверстий определялся цветом текущего слоя печатной платы. Цветовая гамма назначалась в диалоговом окне «Colours» в секциях «Trunk – Vias» и «Vias». Теперь в данном окне имеется дополнительная опция «Colour by Layer Pair», при включении которой в окне «Layers/Слои» будут отображаться названия пары слоев текущего проекта и пользователь самостоятельно сможет установить цвет для каждой пары (Рисунок 13).

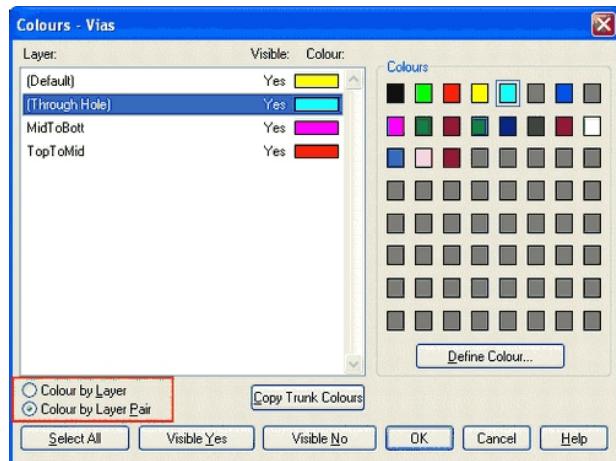


Рисунок 13. Диалоговое окно настройки цветовой гаммы переходных отверстий с включенным режимом «Colour by Layer Pair».

Опция фиксирования вариантов компонента

В свойствах компонентов и символов, имеющих несколько вариантов в проекте (например, в случае нескольких вариантов проекта), теперь доступна новая опция, с помощью которой можно изменить статус соответствующих вариантов компонента на фиксированный и нефиксированный. Например, если статус такого компонента меняется на «фиксированный», то все варианты компонента принимают этот же статус.

При открытии проекта, разработанного в предыдущей версии САПР или при импортировании архивного файла, содержащего вариантные компоненты/символы с несогласованными статусами, этим компонентам/символам будет присвоен статус «фиксированный» или «нефиксированный», в соответствии со статусом Master-варианта.

Возможность настройки окна предварительного просмотра элемента в Редакторе элементов

Отображение компонента в окнах предварительного просмотра может быть горизонтальным или вертикальным, причем установленная пользователем позиция и конфигурация окон сохраняются. Изменение текущего отображения компонента в окне предварительного просмотра выполняется с помощью пункта контекстного меню (Рисунок 14).

При выборе пункта «Display Views Horizontally» компонент в окне будет отображаться в горизонтальном положении, то есть

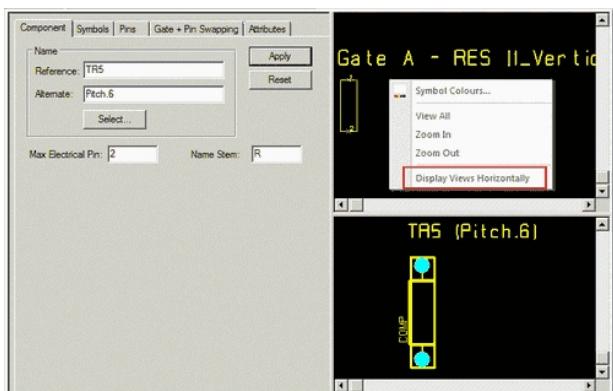


Рисунок 14. Окна предварительного просмотра компонента в редакторе библиотеки.

компонент и символы располагаются вдоль нижнего края окна.

Усовершенствование опции экспорта «неустановленных» компонентов

Опция экспорта или вывода на печать «неустановленных» подтипов или секций компонентов для проекта печатной платы и схемы позволяет включить отображение данных компонентов в определенной цветовой гамме для различных вариантов вывода для производства.

Альтернативы компонентов в функции поиска в библиотеках

В функции поиска по библиотеке с целью добавления в проект компонентов или секций компонентов пользователю доступен список определенных альтернатив для

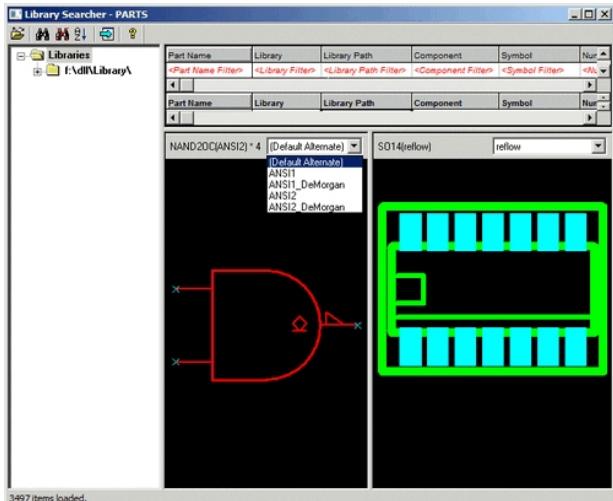


Рисунок 15. Поиск компонентов в библиотеке со списком возможных альтернатив для выбранного объекта.

выбранного объекта (Рисунок 15). В окне предварительного просмотра имеется выпадающий список возможных альтернатив.

Информирование пользователя об ошибках проектных норм при создании выходного файла для производства

С целью снижения риска при экспортации или создании выходного файла для производства из проектов, которые содержат ошибки проектных норм (в том числе принятых пользователем), реализован механизм информирования пользователя о наличии ошибок. При наличии каких-либо ошибок проектных норм на момент создания пользователем выходного файла для производства печатной платы на экране монитора появится предупреждающее сообщение.

Сохранение имен цепей при удалении компонента

Непреднамеренная потеря имени узла цепи с сигналами нескольких компонентов теперь исключена. При удалении последнего компонента-владельца имени сигнала/узла в схеме, принадлежавшее ему имя присваивается оставшимся узлам или сигналам. Таким образом, при выполнении операции удаления компонента сохраняется видимое на схеме имя подсети узлов и сигналов, но в

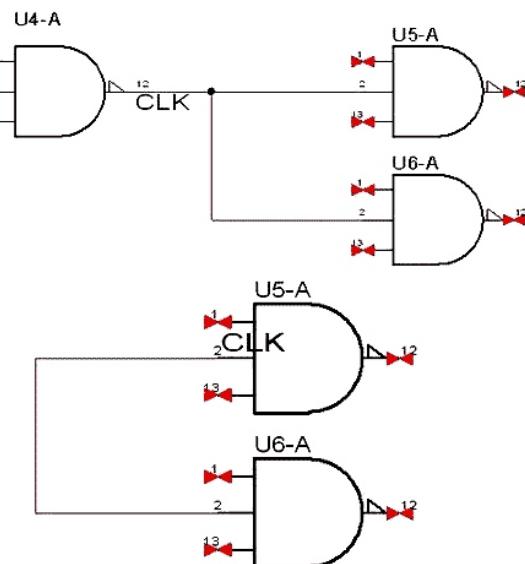


Рисунок 16. Работа механизма сохранения имен узлов и сигналов при удалении компонента.

пределах одной подсети. При этом для удаленного имени сигнала выбирается самый близкий по приоритету узел, исходя из следующего списка:

- глобальные сигналы / блочные соединители;
- опорные сигналы;
- шинные входы;
- разъемы / тестовые точки / символы / стартовые точки;
- гибкие соединители / перемычки.

На Рисунке 16 демонстрируется результат удаления из схемы компонента U4-A.

Назначение имен сигналов

В среде CADSTAR существуют три способа назначения имен соединениям:

- на основании свойств объекта,
- с помощью специального инструмента для назначения имен,
- непосредственный ввод имени при добавлении сигнала.

Эти способы задания имен были модифицированы: теперь при создании имени соединения учитывается дерево приоритетов узлов, и, в случае равенства приоритета начального и конечного узла, соединению присваивается имя конечного узла. Приоритеты в порядке убывания следующие:

1. глобальный сигнал;
2. блочный соединитель;
3. опорный сигнал;
4. шинный вход;
5. разъем;
6. тестовая точка;
7. символ;
8. гибкий соединитель;
9. перемычка.

Усовершенствования коснулись не только встроенных в систему CADSTAR 14.0 функций и инструментов, предназначенных для разработки печатных плат. Ряд ключевых изменений сделан в мощных внешних приложениях, которые тесно интегрированы в пакет CADSTAR: P.R.Editor XR (автотрассировщик), P.R.Editor XR HS (трассировка высокоскоростных печатных плат) и SI Verify (система анализа электромагнитной совместимости печатных плат).

Цвет переходных отверстий определяется парой слоев платы

Как и в редакторе проектов системы CADSTAR, приложение P.R.Editor, помимо стандартной опции установки цвета переходных отверстий, в зависимости от цвета текущего слоя поддерживает установку цвета переходных отверстий (магистральных или обычных) для каждой пары используемых слоев, независимо от того, какой слой на данный момент отображается. Выбор цветовой схемы осуществляется на соответствующей закладке диалогового окна настройки приложения P.R.Editor.

Контрольная точка в качестве узла соединений

В приложении P.R.Editor, а также во встроенном трассировщике CADSTAR, доступна дополнительная опция при выборе (выделении) печатных проводников в режиме узел-узел (Node-to-Node). Если пользователь включает данную опцию (по умолчанию она выключена), и на дорожке между двумя узлами имеется тестовая точка, то при выполнении операции выбора дорожки выделяется лишь участок до тестовой точки, не включая ее. Таким образом исключается удаление тестовой точки при удалении связанного с ней печатного проводника.

Расширение мастера импорта SPICE

Мастер импорта SPICE файлов поддерживает автоматическое генерирование устройства в библиотеке моделирования (Simulation Library) и более сложные файлы SPICE для импорта.

Обработчик импортируемых SPICE файлов поддерживает сложные структурные модели, в которых секции одних компонентов связаны с секциями других компонентов. Такие структуры часто используются для объединения или каскадирования стандартных элементов. Также поддерживается импорт и моделирование трансформаторов с несколькими вторичными обмотками.

Модернизация затронула и систему анализа и моделирования электромагнитной

совместимости печатных плат SI Verify / SI Simulator. Основные изменения:

- дополнительная автоматизация при создании имен сценариев анализа дифференциальных пар,
- значения расчета модового характеристического сопротивления добавлены в таблицу отчетов.

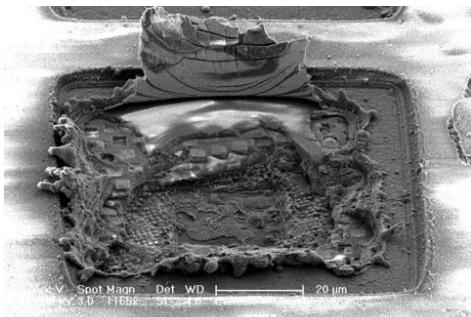
С целью повышения производительности и стабильности моделирования ключевые изменения сделаны в ядре SI Simulator, например, реализован механизм предварительного DC анализа, который часто используется для больших схем и схем, использующих модели с S-параметрами. **РЛ**

Самовосстанавливающиеся цепи: настоящая иммунная система для интегральных схем

Kasey Panetta

ECN

Одна из проблем, связанная с интегральными схемами, заключается в том, что разработчики, стремясь сделать микросхемы быстрее, все сильнее сокращают размеры транзисторов, которые уже не могут работать с большими напряжениями, и, кроме того, увеличивается разброс их параметров. Плюс, единственное повреждение делает микросхему бесполезной и приводит к внезапной остановке проекта или продукта.



Поэтому на протяжении последних пяти лет команда исследователей Калифорнийского технологического института вела работы по созданию самовосстанавливающихся микросхем. Ранее в этом году ученые из лаборатории быстродействующих интегральных схем кафедры инженерных и прикладных наук Калифорнийского технологического института продемонстрировали возможности самовосстановления микросхем. Исследователи использовали лазер для разрушения частей микросхемы, а затем позволяли ей оценить повреждения и переконфигурировать себя для работы без поврежденных частей.

«Это система, похожая на биологический организм, с датчиками, которая может обнаруживать неисправности и перенастраивать целые части схемы», – говорит Али Хаджимири (Ali Hajimiri), доктор философии, профессор электротехники в Калифорнийском технологическом институте. – «Мы нуждались в системе, способной выявлять и исправлять неполадки в ходе работы».

Согласно статье в журнале IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, для проверки системы в случае частичного и полного выхода из строя транзисторов ученые выжигали части усилителя, позволяя схеме восстанавливаться на каждом уровне. Они обнаружили, что хотя характеристики схемы деградировали, способность к самовосстановлению возрастила.

По словам ведущего разработчика, аспиранта в области электротехники Стивена Бауэrsa (Steven Bowers), эта система действует подобно иммунной системе. Хотя первоначальная цель проекта заключалась в использовании цифровой обработки для обеспечения надежности особо сложных аналоговых схем, режимы работы многих узлов которых близки к критическим, одним из способов решения этой проблемы оказалось самовосстановление.

Как говорит Бауэрс: «Мы создали иммунную систему со встроенными датчиками для определения работоспособности. Данные с этих датчиков передаются в цифровое ядро, которое функционирует как иммунная система и может контролировать достаточное количество важных точек микросхемы, чтобы скорректировать ожидаемые, и даже не ожидае-

мые отклонения, которые ухудшают ее параметры. Все встроено в микросхему, это означает, что она сама может восстановить себя. При этом не требуется никакого дорогостоящего лабораторного измерительного оборудования».

Похоже, однако, что это только начальный этап на пути применения самовосстанавливающихся микросхем. Согласно Бауэрсу, помимо восстановления физических параметров транзисторов, микросхемы также могут решать проблемы, связанные с факторами окружающей среды, такими как изменение температуры или несоответствие нагрузки.

«Если усилитель соединен с антенной, и среда влияет на ближнее поле этой антенны, импеданс нагрузки будет меняться, а мощность, обеспечиваемая усилителем, будет падать. Это можно наблюдать на примере сотовых телефонов, которые теряют сигнал, когда их держат определенным образом», – сказал Бауэрс. – «Наша система может определить такое ухудшение параметров и изменить импеданс, который станет соответствовать новой нагрузке, благодаря чему в антенне будет поддерживаться постоянная мощность. Наконец, мы хотели проверить систему в самом наихудшем случае повреждения транзистора. Поскольку конструкция схемы была такова, что выходные транзисторы работали в режиме близком к пробою, естественно ожидать, что первыми выйти из строя могли бы именно они. Для имитации такого

отказа мы использовали оптический лазерный резак, с помощью которого был разрушен один из выходных транзисторов, и система практически полностью смогла автоматически восстановить работоспособность, утерянную в результате выжигания».

Приложения (как нынешние, так и будущие) могут оказать серьезное влияние на электронику. В настоящее время самовосстановление может быть использовано в любой аналоговой схеме, где, согласно Бауэрсу, различия между транзисторами «приводят к значительной деградации характеристик». Разработка найдет применение в приемопередатчиках сотовых телефонов, трансиверах WiFi или wirelessHD и портативных системах передачи изображений с помощью миллиметровых волн. Что касается будущего, то Бауэрс больше озабочен масштабируемостью технологии, поскольку узлы становятся все меньше, и вариации параметров процесса только увеличиваются.

«При размере узла этого проекта 45 нм разброс параметров был достаточен для того, чтобы гарантировать функционирование системы восстановления. Это дало нам преимущество над системой без самовосстановления, но выигрыш в улучшении работоспособности в большинстве случаев был ограничен примерно 50%», – сказал Бауэрс. – «Я считаю, что мы пока только на верхушке айсберга потенциала применения самовосстанавливающихся систем». **РЛ**

«Лаборатория в коробке» дает студентам практический опыт

Jay Weitzen, Erin Webster

Electronic Design

Студенты-первокурсники Университета штата Массачусетс, Лоуэлл, обучающиеся по инженерным специальностям, получают практический опыт проектирования благодаря новой программе, в которой используется комплект «lab in a box» (лаборатория в коробке), включающий в себя компоненты, микроконтроллер и плату, а также набор Analog Discovery Kit и программное обеспечение.

Сегодня наблюдается стремительный рост количества студентов, выбирающих для себя курсы по научным, технологическим, инженерным и математическим специальностям. Но суровая реальность, как выясняют многие организации и учреждения, может стать преградой на их пути к достижению цели.

В Университете штата Массачусетс (город Лоуэлл) исследование среди абитуриентов, записавшихся на программу «Электроника и вычислительная техника» (Electronics and Computer Engineering – ECE), показало, что менее четверти из них имели какой-либо практический опыт работы над инженерными проектами, включая построение простейших принципиальных схем, работу с вольтметром и паяльником. Такая картина наблюдалась среди любых групп – и среди первокурсниц, и среди жителей городских районов.

Но дело не ограничивается только этими группами. Даже не столь большие вузы в более богатых районах испытывают недостаток в лабораториях для практических занятий из-за нехватки места и высокой стоимости. Ситуация на уровне колледжей не намного лучше, поскольку хорошо оборудованные электроникой лаборатории дороги, требуют больших площадей и, как правило, могут использоваться только во время учебных занятий и сессий, а не во внеучебное время или во время окон в расписании и праздников.

Теория против практики

В связи с отсутствием доступа к лабораториям занятия по основам инженерного дела были только чисто теоретическими. Они не могли заинтересовать студентов, казались скучными, далекими от реальной жизни и отталкивающими от самого инженерного искусства. Они не могли удержать студентов, обучающихся по программе ECE, поскольку их энтузиазм угасал, и, более того, знания, полученные на учебных курсах, терялись.

Тогда ситуацию решено было изменить, дав студентам практические навыки работы над проектом в первый год их обучения, сделав при этом учебу увлекательной, ценной, гибкой и не требующей больших затрат. Но традиционные средства на основе лабораторного стола с измерительным оборудованием и макетными платами для этого не годились.

Вместо этого был выбран другой подход, получивший название «лаборатория в короб-



Рисунок 1. Эрин Вэбстер (Erin Webster) помогает первокурснице в работе над первым проектом с использованием «лаборатории в коробке», основанной на комплекте Analog Discovery Design Kit и вспомогательных компонентах.

ке», – полноценный комплект электронных средств, но портативный, удобный в использовании и дешевый (Рисунок 1). С такой лабораторией каждый студент получает свое собственное рабочее место, полностью оснащенное для выполнения индивидуальных проектов.

Это не «виртуальная» лаборатория с симуляцией работы схем на ПК и предполагаемыми результатами. Это реальное лабораторное оборудование, с помощью которого студенты создают базовые схемы, испытывают их, подавая различные сигналы, получают аналоговые и цифровые данные, наблюдают выходные сигналы и анализируют результаты. В дополнение к обработке данных по соответствующим алгоритмам, они могут отображать информацию на двухканальном осциллографе. Это очень хорошая практика для студентов, которые прежде не имели даже понятия о том, что такое осциллограф.

Что может эта лаборатория

Одно дело сказать, что лаборатория в коробке – хорошая идея, но другое – создать такую. Требовалась полнофункциональная лаборатория, которую можно было бы использовать везде, и для которой был бы нужен только компьютер с разъемом USB. К счастью, на рынке нашлось доступное решение (Рисунок 2).

Лаборатория состоит из:

- Набора деталей: резисторов, конденсаторов, светодиодов и других базовых компонентов
- Микроконтроллера Parallax «Board of Education» с платой для прототипирования
- Набора Analog Discovery Kit, представляющего собой полную систему анализа, включая двухканальный осциллограф, вольтметр, генератор функций, цифровой логический анализатор и источник питания
- Программного обеспечения для связи всех компонентов в единое целое

Студенты начинают обучение с таких простых вещей, как зажигание светодиода и использование вольтметра для измерения падающего на нем напряжения. На следующем этапе они пишут простую программу для управления переключением одного светодиода, затем двух, и наблюдают на осциллографе



Рисунок 2. Комплект *Analog Discovery Design Kit* представляет собой реальный интерфейс ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов. В сочетании с ним компьютер, имеющий разъем *USB*, превращается в осциллограф, анализатор спектра, вольтметр и генератор сигналов синусоидальной формы.

соответствующие сигналы. Для большинства студентов такой подход к программированию является новым и, несмотря на их ежедневное времяпрепровождение в Интернете, дает ценный живой опыт.

В ходе занятий студенты набираются опыта, считывая состояния переключателей, управляя небольшими двигателями, исследуя постоянные времена RC-цепей, наблюдая спектры аудио сигналов, создавая коды для генерации тональных сигналов, собирая схемы на транзисторах и операционных усилителях. В программе есть и творческая составляющая, где перед студентами ставится задача, не имеющая готовых рецептов решения.

Чтобы свести к минимуму сложные проблемы, связанные с высокими частотами, большинство проектов основано на низкочастотных сигналах звукового диапазона, однако для содержательных проектов этого более чем достаточно. Студенты интенсивно используют осциллограф, генератор функций и, конечно, источник питания.

Заключение

Когда студенты переходят ко второму году обучения, за их плечами уже имеется опыт использования измерительного оборудования. Они завершили свои реальные практические проекты, написали прикладные программы, работали с аналоговыми и цифро-



Рисунок 3. Второкурсник и первокурсник работают вместе над решением задачи, используя комплект Analog Discovery Design Kit.

выми сигналами и различными способами анализировали полученные результаты (Рисунок 3). Стоимость подобного обучения одного студента сопоставима со стоимостью учебника, но такой подход гораздо эффективнее.

Были обнаружены и другие преимущества «лаборатории в коробке». В других инженерных лабораториях группа из нескольких человек, будь то студенты предыдущих поколений, или сегодняшние, работала за одним стендом. Зачастую при этом только один студент выполнял большую часть работы, в то время как остальные просто наблюдали, а то

и вообще ничего не делали. Напротив, новый подход дает каждому студенту гарантию возможности работать над проектом самостоятельно, хотя, безусловно, они могут обмениваться идеями и помогать друг другу в решении проблем.

Портативность и удобство комплектов также означает, что студенты могут использовать их по своему усмотрению в общежитии, библиотеке или дома в любое время дня и ночи и во время каникул. Если студент «застяг» на каком-то этапе, или ему нужно проделать какие-то этапы эксперимента заново, он не станет объектом общественного порицания. Это в корне меняет характер взаимоотношений с преподавателем, поскольку теперь студенты могут просто принести свою работу и показать ему результаты, а также получить необходимую помощь. Это лучше, чем сидеть на лабораторных занятиях, дожидаясь, когда до них дойдет очередь.

Новый тип лаборатории в большей степени совместим с современными ограничениями по стоимости и занимаемому пространству. Он также больше соответствует требованиям студентов 21 века, благодаря тому, что может применяться когда и где угодно, он многофункционален, предлагает индивидуальный подход, прост в установке и настройке и очень удобен. **РЛ**

В чем различие между Bluetooth Low Energy и ANT?

Lou Frenzel

Electronic Design

На сегодняшний день существует множество технологий организации беспроводных сетей передачи данных, среди которых наиболее известны Wi-Fi 802.11, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, WirelessHART / DUST, ISA 100a, различные версии протоколов 802.15.4, а также некоторые запатентованные версии протоколов ISM-диапазона. Но, из-за сложности и высокого энергопотребления многие протоколы малопригодны для разработки некоторых сетевых приложений автоматизации и мониторинга параметров.

В приложениях с батарейным питанием, с учетом того, что решающими факторами здесь являются время автономной работы и низкие эксплуатационные расходы, диапазон доступных беспроводных технологий еще больше сужается. Тем не менее, появились два стандарта беспроводного обмена данными ближнего радиуса действия, которые отвечают указанным требованиям: Bluetooth Low Energy и ANT.

Топология беспроводных сетей

Существует множество способов реализации беспроводных сетей, удовлетворяющих тем или иным требованиям приложения (Рисунок 1). Беспроводной узел в сети (каждый кружок на рисунке) может быть передатчиком, приемником или приемопередатчиком. Некоторые узлы являются только ведомыми (Slave), они только управляются или контролируются. Другие становятся ведущими (Master) или агрегаторами данных, и используются для подключения к внешним коммуникациям. Некоторые узлы могут использоваться в качестве повторителей при передаче данных от одного узла к другому.

Топология «точка-точка» (point-to-point) является простейшей формой сети (Рисунок 1а). Это может быть простое соединение передатчика и приемника или двух приемо-

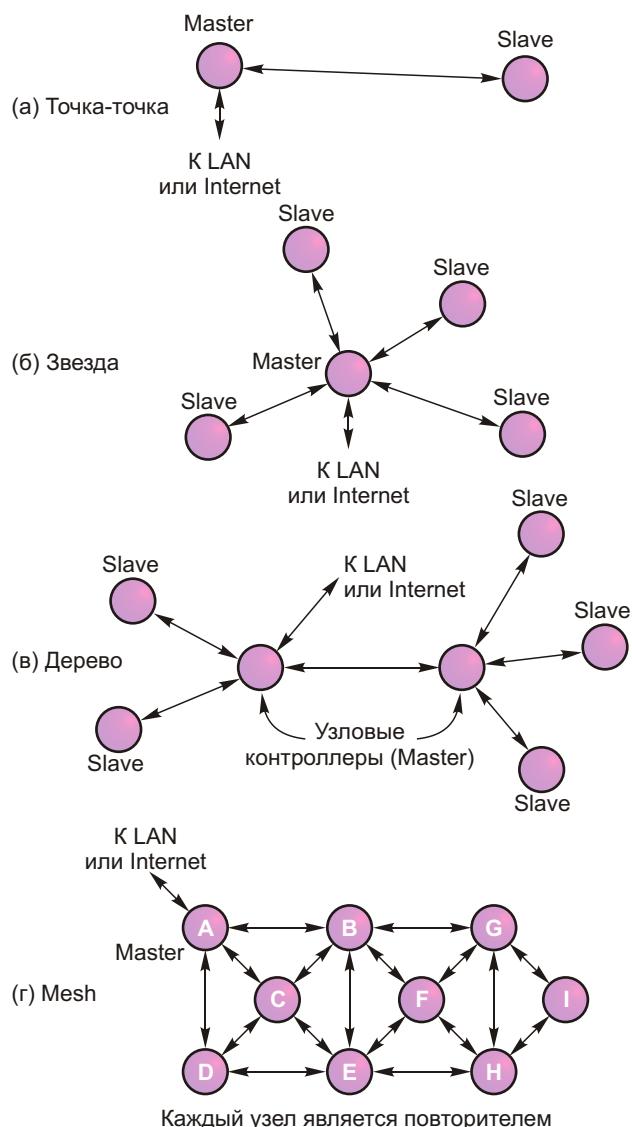


Рисунок 1. Наиболее распространенные топологии беспроводных сетей: «точка-точка» (а), «звезда» (б), «клusterное дерево» (в) и «каждый с каждым» или «mesh» (г). Каждый узел является приемопередатчиком, и в каждой сети имеется ведущий контроллер.

передатчиков. Передающим узлом может быть какой-либо датчик, а приемником, например, исполнительное устройство.

Следующая распространенная топология сети – «звезда» (Star) (Рисунок 1б). Несколько узлов подключаются к центральному контроллеру. Следовательно, такое соединение можно определить как «многоточка-точка». Узлы не «общаются» непосредственно друг с другом, обмен данными идет только с центральным контроллером. Топология «звезда» может иметь еще одну конфигурацию, при которой центральный контроллер транслирует данные всем другим узлам. В этом случае соединение определяется как «точка-многоточка».

В сети с топологией «клusterное дерево» (Tree) может быть множество ветвей (Рисунок 1в). Из рисунка видно, что в этом случае обмен данными осуществляется между двумя сетями с топологией «звезда» через центральные контроллеры. Следующая распространенная топология, характерная для беспроводных сетей датчиков, «каждый с каждым» (Mesh) может иметь множество конфигураций (Рисунок 1г). Ключевая особенность такой сети заключается в возможности узлов обмениваться данными непосредственно друг с другом.

Кроме того, в сети с Mesh-топологией большинство узлов или каждый узел могут быть ретрансляторами, что позволяет передавать данные от одного узла к другому, даже если они не имеют непосредственного соединения. Например, расстояние или ограниченная мощность не позволяют узлу F подключиться непосредственно к узлу A, но он может передать данные через другие узлы (скажем, через B или E и C). Особенности этой топологии дают возможность создавать беспроводные сети с большим количеством узлов и очень большой зоной покрытия.

Даже по структурной схеме Mesh-сети видно, что такая топология гарантирует высокую надежность. Если один узел вышел из строя (например, из-за разряда источника питания), или по какой-то причине заблокирован, то для передачи данных в этой сети всегда можно найти альтернативные пути. Как правило, такие сети более сложны, но дополнительные затраты на их реализацию оправданы надежностью и площадью покрытия.

Все рассмотренные топологии беспроводных сетей имеют в своем составе центральный контроллер (центральный узел). В качестве центрального узла может выступать персональный компьютер, мобильный телефон или специальное устройство – маршрутизатор, которое подключается к локальной сети (LAN) или Интернет.

Приложения

Большинство беспроводных сетевых технологий с ультранизким энергопотреблением находят применение в бытовых и медицинских приборах, в устройствах для фитнеса и спорта. Чаще всего это мобильные компактные устройства с одним элементом питания, которые могут функционировать несколько лет. В возможные сферы их применения входят:

- Потребительская техника:
 - Электронные устройства слежения за людьми или объектами
 - Детекторы приближения в системах идентификации, авторизации и беспроводных замков
 - RFID-подобные устройства
 - Приборы учета с функцией удаленного считывания показаний
 - Игрушки
 - Автомобильные приложения
 - Домашние сети Home Area Networks
 - Человеко-машинные интерфейсы и периферия.
- Медицинские приборы и системы:
 - Приборы удаленного мониторинга здоровья
 - Измерители пульса, температуры и др.
 - Сети Body Area Network.
- Устройства для спорта и фитнеса:
 - Спортивные часы и устройства мониторинга
 - Велосипедные компьютеры
 - Ремешки и пояса с кардиопередатчиком.

Технология Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy (BLE) или Bluetooth 4.0 – является технологией беспроводной связи для ближних коммуникаций, разработанной группой Bluetooth Special Interest Group (SIG) в 1998 году. В отличие от предыдущих стандартов – Bluetooth 2.0, Bluetooth

2.1 + EDR, Bluetooth 3.0, – стандарт BLE изначально ориентирован на применение в системах сбора данных и мониторинга с автономным питанием.

Технология BLE, известная также, как Bluetooth Smart – маркетинговое название для устройств с низким энергопотреблением. Bluetooth, вероятно, можно считать наиболее широко распространенной технологией беспроводной передачи данных на ближние расстояния в связи с использованием в миллиардах мобильных телефонов (в гарнитурах и аксессуарах) и миллионах ноутбуков. Благодаря появлению версии Smart технологию ожидает еще более широкое распространение по всему миру.

Разработка Bluetooth Smart основывалась на комплексе различных технических и радио методов с целью достижения минимального энергопотребления. Протокол обмена данными был изменен для реализации очень коротких рабочих циклов передачи или коротких сигналов передачи между длительными паузами. Сочетание чрезвычайно низкого энергопотребления в режиме «сна» и коротких рабочие циклов передачи позволяет устройству Bluetooth Low Energy функционировать от одной плоской часовой батарейки в течение многих лет.

BLE, как и стандартная Bluetooth, работает в нелицензируемом ISM диапазоне 2.4 – 2.483 ГГц. Однако эта технология использует другой метод псевдослучайной скачкообразной перестройки рабочей частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum). В стандартном протоколе Bluetooth рабочая частота скачкообразно меняется 1600 раз в секунду в преде-

лах 79 каналов шириной 1 МГц. В Bluetooth LE используются 40 каналов шириной 2 МГц, что повышает надежность передачи данных на большие расстояния. Скорость передачи данных Bluetooth может быть 1, 2 или 3 Мбит/с, а максимальная скорость BLE составляет 1 Мбит/с с пропускной способностью сети 260 Кбит/с. BLE также использует GFSK-модуляцию (Gaussian Frequency Shift Keying – Гауссовская частотная манипуляция).

Выходная мощность передатчиков BLE составляет 0 дБ (1 мВт), при этом типичная максимальная дальность связи равна 50 м. Задержка измеряется всего лишь 6 миллисекундами. Сочетание адаптивного метода скачкообразной перестройки частоты (снижающей влияние помех) с 24-разрядными циклическими избыточными кодами и 32-разрядным полем контроля целостности кадров (MIC) улучшает надежность связи. Используется алгоритм шифрования AES-128, а наиболее распространенные топологии сети – «точка-точка» и «звезда».

Однако необходимо принять во внимание один ключевой момент: BLE несовместим со стандартным Bluetooth, устройства BLE не могут взаимодействовать с классическими Bluetooth-устройствами. Тем не менее, если потребуется решить эту проблему, можно воспользоваться двухрежимными устройствами, поддерживающими оба стека протокола.

Двухрежимное устройство представляет собой интегральную микросхему, в которую включены радиочастотные блоки как для стандартного Bluetooth, так и для Bluetooth



Рисунок 2. Ассортимент готовых к использованию модулей Bluetooth, разработанных компанией connectBlue, включает в себя классический модуль Bluetooth, модуль Bluetooth Smart Ready, поддерживающий стандартный Bluetooth и BLE, и модуль Bluetooth Smart с поддержкой только протокола BLE.

Low Energy. Каждый из них работает отдельно, но не одновременно, хотя одну антенну они могут использовать совместно. Некоторые производители, такие как Broadcom, CSR, EM Microelectronics, Nordic Semiconductor и Texas Instruments предлагают специализированные двухрежимные микросхемы Bluetooth. Завершенные решения в виде Bluetooth-модулей предлагает компания connectBlue (Рисунок 2).

Технология ANT

ANT представляет собой еще одну беспроводную технологию ближнего действия с ультранизким потреблением, разработанную для создания сенсорных сетей и подобных приложений. Также как и для Bluetooth, используется ISM диапазон 2.4 ГГц. Собственный протокол разработан и продается канадской компанией Dynastream Innovations – дочерней компанией Garmin. До последнего времени технология использовалась, в основном, в сфере спортивных приложений и для создания персональных сетей мониторинга здоровья человека. Однако она применима и для всех приложений описанных выше.

У технологии ANT много общего с Bluetooth LE. Стек протокола ANT также использует технику короткой передачи данных и режим «глубокого сна» для снижения энергопотребления. Каждый беспроводной узел сети ANT может быть ведомым или ведущим, может передавать или принимать данные, а также выполнять функции ретранслятора.



Рисунок 3. Nordic Semiconductor выпускает микросхемы для беспроводных решений диапазона 2.4 ГГц. В эту группу входят базовая микросхема приемопередатчика 2.4 ГГц (слева), микросхема со встроенным протоколом ANT (в центре) и микросхема со встроенным протоколом BLE (справа).

Протокол ANT использует только один канал шириной 1 МГц для нескольких узлов, поэтому он основан на технике мультиплексирования с временным разделением. Каждый узел передает данные только в своем собственном интервале времени. Базовая длительность сообщения составляет 150 мкс, в то время как скорость передачи 8-битных сообщений (время между передачами) варьируется и соответствует диапазону частот 0.5 Гц – 200 Гц. Для обнаружения ошибок используются 16-битные циклические избыточные коды (CRC16). Для каждого канала может быть определено до 65536 временных интервалов. Если в канале выявляются помехи, узловые приемопередатчики могут переключать канал. Опять же, используется модуляция GFSK.

Таблица 1. Сравнение общих параметров технологий беспроводной передачи данных ANT и Bluetooth LE

Технология	ANT/ANT+	Bluetooth Low Energy
Частотный диапазон	2.4 2.483 ГГц	2.4 2.483 ГГц
Поддерживаемые сетевые топологии	точка-точка, звезда, кластерное дерево, mesh	точка-точка, звезда
Модуляция	GFSK	GFSK
Ширина канала	1 МГц	2 МГц
Протокол	простой	более сложный
Скорость передачи данных	1 Мбит/с	1 Мбит/с
Радиус действия	50 метров	50 метров
Безопасность	64-битный ключ	128-битный алгоритм шифрования AES

Относительно недавно к ANT добавилась ANT+. Это чисто программное расширение исходной технологии, реализующее функцию взаимодействия в управляемой сети, которая упрощает сбор, автоматическую передачу и отслеживание данных от датчиков для мониторинга всех использующихся в сети, узлов и устройств. Еще одной отличительной чертой ANT является система разработки сети беспроводных датчиков SensRcore. Специализированные микросхемы приемопередатчиков выпускаются компаниями Nordic Semiconductor и Texas Instruments (Рисунок 3).

Сравнение двух технологий беспроводной передачи данных

Между Bluetooth LE и ANT много общего, но различия очень существенны (Таблица 1). Обе технологии хорошо подходят для мало-мощных беспроводных приложений. ANT имеет очень простой протокол с минимальными потерями трафика на служебные сигналы и поддерживает все типы топологий сети, тогда как верхом возможностей BLE является «звезда». С другой стороны, на сегодняшнем рынке предложение чипов, поддерживающих BLE, намного больше, чем ANT. **РЛ**

Преобразователь напряжение-период улучшает скорость, стоимость и линейность дискретизации

Jordan Dimitrov

EDN

Разработчики нередко используют преобразователи напряжение-частота (ПНЧ) для аналого-цифрового преобразования в системах сбора данных, требующих строго монотонной характеристики, высокого разрешения, пониженных шумов и умеренного быстродействия. ПНЧ вырабатывают последовательность импульсов с частотой, пропорциональной входному напряжению. Затем с помощью микроконтроллера или логической схемы формируются интервалы времени определенной длительности, и подсчетом количества импульсов на этом интервале получают цифровое значение напряжения.

Основной недостаток такого способа заключается в том, что для увеличения скорости преобразования разработчикам приходится повышать рабочую частоту ПНЧ, что приводит к ухудшению линейности.

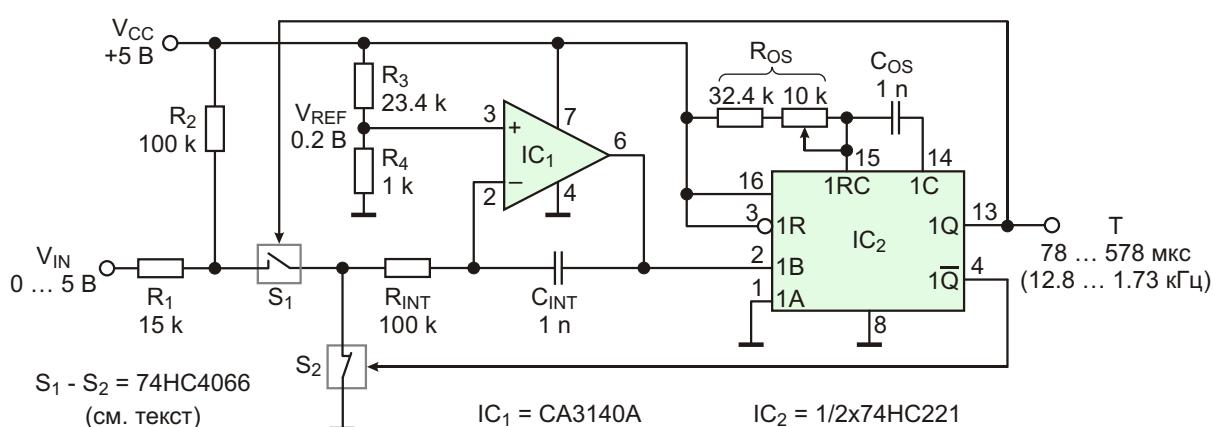
В предлагаемой схеме входное напряжение преобразуется во временной интервал, а

микроконтроллер использует этот интервал для подсчета количества импульсов собственного внутреннего генератора. Результаты получаются впечатляющими:

- Хорошая линейность, так преобразователь работает на низкой частоте
- Более быстрое аналого-цифровое преобразование за счет высокой тактовой частоты микроконтроллера
- Потенциально более простая программа или логика, от которых требуется лишь подсчет импульсов внутри периода, сформированного схемой
- Низкая цена

Самое главное, что увеличение частоты счета не ухудшает линейности преобразования, как это неизбежно происходит при использовании ПНЧ.

Схема показана на Рисунке 1. Она представляет собой видоизмененный ПНЧ [1], в



котором входное напряжение V_{IN} и опорное напряжение V_{REF} поменялись ролями. Цепочка R_1-R_2 сдвигает входное напряжение таким образом, что оно всегда остается более положительным, чем опорное напряжение, и никогда не выходит из рабочей области преобразователя. В схеме использованы все четыре ключа микросхемы 74HC4066: два, включенных параллельно для снижения влияния нелинейности сопротивления канала, образуют переключатель S_1 . Один ключ используется в качестве S_2 , и последний, включенный параллельно интегрирующей емкости C_{INT} , является элементом узла запуска преобразования и управляет либо логической схемой во время инициализации, либо так, как описано в [1].

При подаче питания на схему узел запуска преобразования закорачивает C_{INT} на время, пока мультивибратор IC_2 удерживается внутренними цепями в состоянии сброса. Ключ S_1 открывается, а S_2 закрывается. При этом левая по схеме сторона резистора R_{INT} соединяется с землей, а правая оказывается под потенциалом 0.2 В. По истечении времени запуска ключ, шунтирующий C_{INT} , размыкается, и конденсатор начинает заряжаться. Интегратор формирует линейно нарастающее напряжение. Когда это пилообразное напряжение достигнет уровня порядка 2.5 В, запускается мультивибратор. Вследствие этого ключ S_1 закрывается, а S_2 открывается. На правом выводе R_{INT} появляется положи-

тельный потенциал, зависящий от входного напряжения, но всегда превышающий 0.2 В. Ток через R_{INT} изменяет направление, и C_{INT} начинает разряжаться. После окончания каждого импульса мультивибратора цикл повторяется снова.

При изменении входного напряжения от 0 до 5 В период выходных импульсов меняется от 78 мкс до 578 мкс. Емкость интегрирующего конденсатора C_{INT} и уровень входного порога мультивибратора, имеющего триггер Шmittа, на взаимосвязь этого периода с входным напряжением влияния не оказывают. Заполнив этот период импульсами с частотой 10 МГц, получаем числа от 780 до 5780 – один отсчет на милливольт. Ошибка нелинейности равна одному отсчету, или $\pm 0.02\%$, что неудивительно, когда максимальная частота равна всего лишь 12.8 кГц. Максимальное время аналого-цифрового преобразования составляет 578 мкс. Это в 8.65 раз быстрее, чем время преобразования ПНЧ, работающего на частоте 1 МГц, которому для подсчета 5000 импульсов длительностью 1 мкс потребовалось бы 5000 мкс. Короткая и простая интерфейсная программа очень похожа на программу, представленную в [2].

Из-за сдвига входного напряжения калибровка требует нескольких последовательных итераций: с помощью подстроичного резистора мультивибратора надо выставить чувствительность на уровне 100 мкс/В. Номинальная длительность импульса мультивибратора равна 26 мкс. Смещение в 780 отсчетов компенсируется в программе контроллера.

Таблица 1. Сравнительные результаты аналого-цифровых преобразований, выполненных с использованием предложенной схемы и ПНЧ на частоте 1 МГц при 5000 отсчетов.

Параметр	ПНЧ	ПНП	Ед.
Максимальная частота	1000	12.8	кГц
Линейность	0.1	± 0.02	%
Время преобразования	5000	78 ... 578	мс
Программный интерфейс	Определение интервала счета и подсчет импульсов	Подсчет импульсов	
Источник питания	Двухполярный	Однополярный	
Цена	18 ... 24	3 ... 4	USD

Как видно из Таблицы 1, характеристики преобразователя напряжение-период (ПНП) значительно лучше, чем ПНЧ [3, 4]. Удиви-

тельно, что ни один производитель не выпустил этот преобразователь в интегральном исполнении. **РЛ**

Ссылки

1. Dimitrov J., Inexpensive VFC features good linearity and dynamic range. EDN, Design Ideas, Dec 1, 2011, pp.47-48.
Перевод: «Недорогой ПНЧ с хорошей линейностью и широким динамическим диапазоном», РадиоЛоцман, 2011, декабрь, стр. 56.
2. Dimitrov J., Linearize optical distance sensors with a voltage-to-frequency converter. EDN,

Design Ideas, Apr 19, 2012, pp.47-48.

Перевод: «Линеаризация оптических датчиков расстояния с помощью преобразователя напряжение-частота», РадиоЛоцман, 2012, июнь, стр. 74.

3. AD650 voltage-to-frequency and frequency-to-voltage converter.
4. VFC320 voltage-to-frequency and frequency-to-voltage converter.

Источник белого шума со спектральной плотностью, равномерной в диапазоне 1 Гц ... 100 кГц

Steve Hageman

EDN

Белый шум бывает очень полезен при тестировании многих типов электронных схем. В сочетании с БПФ-анализатором источник шума с плоским спектром позволяет быстро получить амплитудно-частотную характеристику устройства. Если шум имеет плоский спектр и известный уровень, несложно определить коэффициент усиления схемы, что можно сделать даже визуально. Этот давно известный метод практически использовался уже, по крайней мере, в 1978 году в низкочастотном анализаторе спектра HP3582A [1].

«Современным» способы генерации белого шума основаны на применении цифровых сдвиговых регистров с обратной связью, реализованных на схемах с программируемой логикой. А некоторые авторы для генерации белого гауссовского шума даже использовали массивы работающих параллельных микроконтроллеров.

Ниже описано чисто аналоговое решение, основанное на легкодоступных дешевых компонентах, которые, при желании быстро собрать прототип на макетной плате, даже можно приобрести в корпусах со штыревыми выводами.

Общеизвестно, что хорошим источником широкополосного шума является стабилитрон. Поэтому главной задачей становятся поиски стабилитрона, характеристика которого была бы плоской в пределах интересующего вас диапазона. В широкополосном (5 МГц) генераторе шума, построенном в свое время Джимом Вильямсом (Jim Williams), использовался стабилитрон с напря-

жением стабилизации 6.8 В. Распространены, также, и источники шума на обратносмещенному переходе база-эмиттер NPN транзистора.

Целью разработки было создание достаточно мощного источника шума для Фурье-анализа, имеющего плоскую характеристику в полосе частот от 1 Гц до 100 кГц. Стабилитрон 6.8 В, и в самом деле, генерировал интенсивный шум, однако я обнаружил в нем большую составляющую $1/f$ в области низких частот, и, кроме того, его спектральную характеристику сложно было назвать плоской. Поэтому в своей конструкции в качестве источника шума я использовал проверенный временем 12-вольтовый стабилитрон. Мои исследования показали, что эти диоды имеют мощный и равномерный спектр шума и хорошо работают при сильно разряженных батареях 9 В, которые были использованы в схеме [2].

Собственный шум выбранного стабилитрона при питании его напряжением 18 В через резистор 1 МОм составляет примерно 20 мВ с.к.з. Пиковое значение примерно в пять раз больше и находится в пределах 100 мВ.

Чтобы не беспокоиться об ошибке смещения по постоянному напряжению, я выбрал почтенный сдвоенный операционный усилитель LF412 на полевых транзисторах, с помощью которого дважды усилил шум диода на 10.

Получившаяся схема изображена на Рисунке 1. На стабилитрон через резистор 1 МОм подано обратное напряжение 18 В от

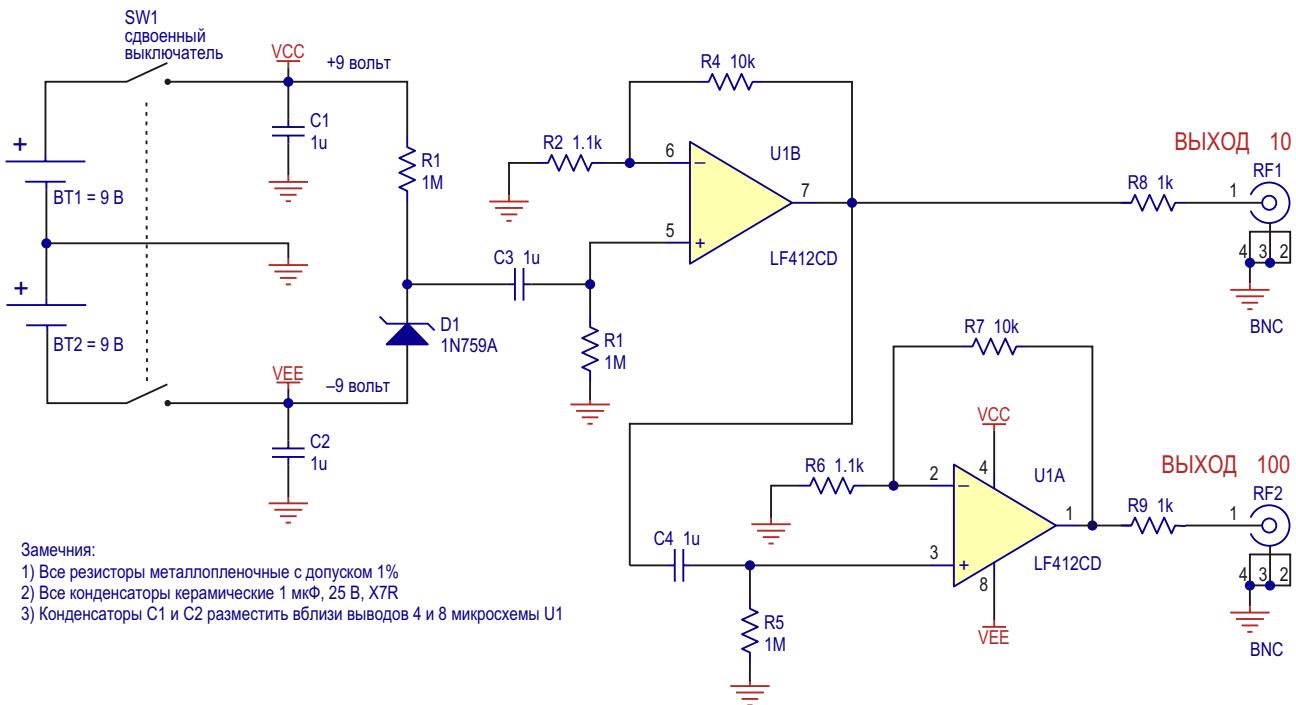


Рисунок 1. Выходное напряжение этого низкочастотного генератора шума равно 1 или 10 В пик-пик в диапазоне частот от 1 Гц до 100 кГц.

двух включенных последовательно батарей 9 В. Микросхема LF412 питается напряжением ± 9 В, средняя точка которого взята от точки соединения батарей. Небольшой входной ток и малое напряжение смещения позволяют обойтись без выходных развязывающих конденсаторов, поскольку постоянная составляющая напряжения на выходах отличается от уровня «земли» на единицы милливольт. Хотя LF412 не является малошумящим усилителем, его шумы все же существенно ниже шумов стабилитрона, и здесь могут не учитываться.

Шум стабилитрона последовательно усиливается с помощью U1A и U1B до пиковых уровней примерно 1 В и 10 В. Если этого слишком много для тестируемой схемы, с помощью резисторов R8 и R9 выходные напряжения можно поделить до любого необходимого значения.

Шум стабилитрона последовательно усиливается с помощью U1A и U1B до пиковых уровней примерно 1 В и 10 В. Если этого слишком много для тестируемой схемы, с помощью резисторов R8 и R9 выходные напряжения можно поделить до любого необходимого значения.

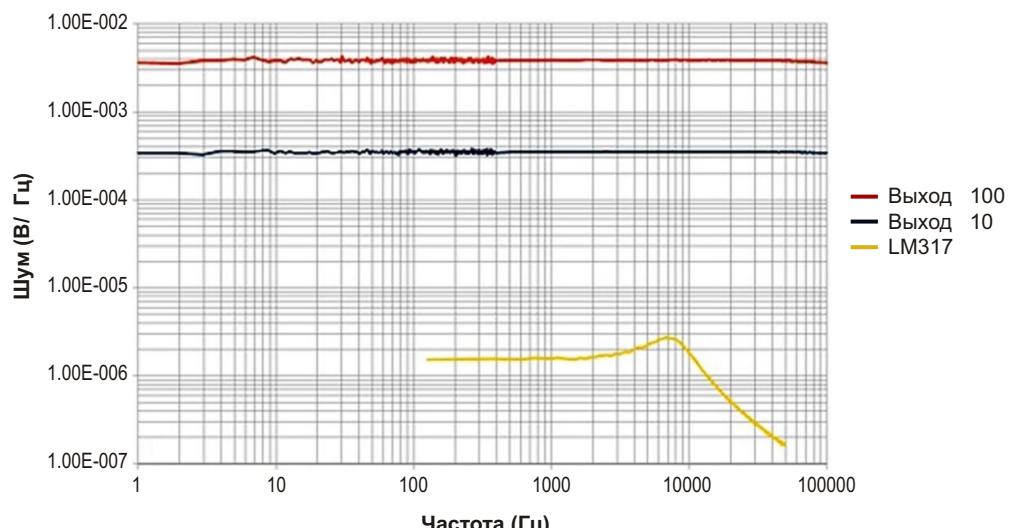


Рисунок 2. Спектральная плотность мощности в диапазоне частот от 1 Гц до 100 кГц практически постоянна. Для сравнения показана шумовая характеристика стабилизатора LM317, считающегося очень сильно шумящим прибором.

На Рисунке 2 показана результирующая шумовая характеристика схемы, плоская, как можно видеть, в полосе частот от 1 Гц до 100 кГц. Небольшой спад частотной характеристики на выходе $\times 100$ в районе 100 кГц составляет менее 0.5 дБ, и при необходимости может быть скомпенсирован соответствующей частотно-зависимой коррекцией усиления U1B. Однако для многих целей это будет совершенно излишним. Для сравнения на Рисунке 2 показана шумовая характеристика линейного стабилизатора LM317, включенного с конденсаторами минимально возможной емкости. Это иллюстрирует многочисленные утверждения, что «LM317 – очень шумный регулятор». Несложно заметить, что до стабилитрона 12 В ему очень далеко.

Благодаря использованию стабильных маломощных усилителей на полевых транзисторах и керамических конденсаторов в цепях развязки, компонента шума $1/f$, индуцируемая температурными градиентами от блюждающих воздушных потоков, сведена к

минимуму. Тем не менее, конструкцию следует заключить в какой-то корпус и держать ее подальше от циркулирующих потоков воздуха.

Схема потребляет всего 4 мА и надежно работает даже с разряженными до 7 В батареями. Такая глубина разряда при указанном токе позволяет утверждать, что устройство проработает на простых щелочных батареях более 100 часов. По мере разряда батарей шум схемы изменяется примерно на 15%. Если это нежелательно, можно, усложнив цепь питания стабилитрона, сделать ее менее зависящей от внешних факторов. **РЛ**

Ссылки

1. Pendergrass, N., Farnbach, J., «A High Resolution, Low Frequency Spectrum Analyzer», Hewlett-Packard Journal, September 1978.
2. I tested 5 each 1N759A and 1N4742A diodes with essentially the same results, based on the samples I had either would work in this application.

Электронный коммутатор зажигания для скутера



Андрей Барышев, г. Выборг

При разработке данной схемы ставилась задача сделать компактную универсальную плату коммутатора, которая позволяла бы быстро и без перепайки деталей повторить разные варианты существующих промышленных образцов, из тех, которые можно купить в магазине. Выглядят они все примерно так, как показано на Рисунке 1.

Основной недостаток этих коммутаторов – низкая надежность. При этом ремонтировать их не представляется возможным, поскольку сама электронная плата в корпусе залита компаундом.



В Интернете можно найти множество вариантов электронных схем таких коммутаторов, и различия их, в принципе, незначительны. Каждый производитель делает схему под свой тип двигателя. На Рисунке 2 приведено несколько примеров таких схем.

Все эти схемы можно в изобилии найти в Интернете, как правило, без подробных описаний и конкретных примеров применения. Как видно, схемы различаются, в основном, наличием или отсутствием RC-элементов в цепи управляющего электрода тиристора и количеством диодов, что позволяет получать различные параметры управляющих импульсов и, таким образом, менять угол опережения зажигания в зависимости от оборотов двигателя.

В данной статье приведен пример универсальной платы такого электронного коммутатора, позволяющей с помощью подстроек элементов подобрать подходящий вариант без перепайки схемы. После настройки схемы с конкретным типом двигателя в различных режимах его работы все подстроечные элементы нужно будет заменить на постоянные, подбрав соответствующие номиналы.

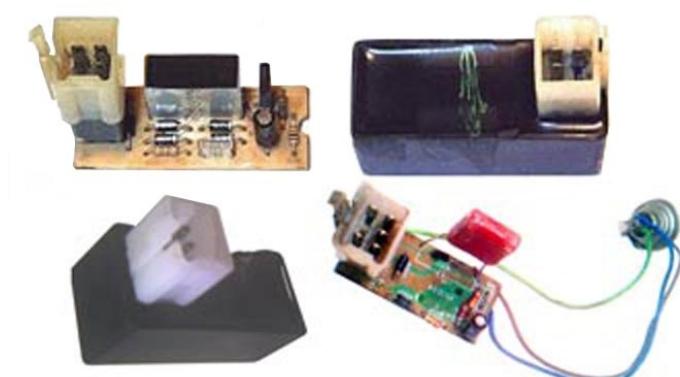


Рисунок 1. Внешний вид и «начинка» коммутаторов.

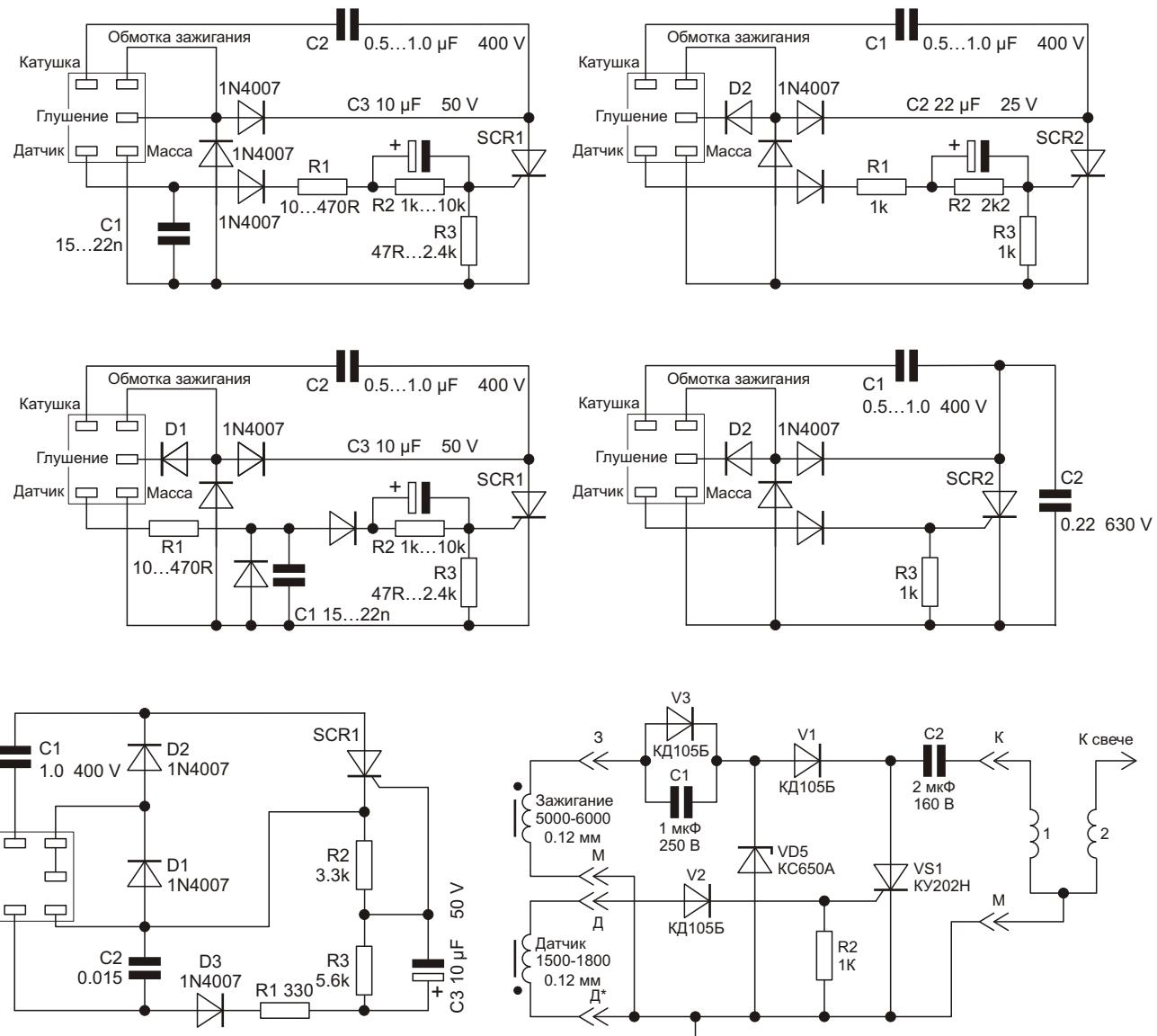


Рисунок 2. Варианты схем электронных коммутаторов.

В схеме (Рисунок 3) использованы диоды 1N4007 (1000 В, 1 А) или любые с аналогичными параметрами, отечественный тиристор типа КУ202Н (можно поставить импортные,

например 1N4202, ВТ151-400...800, ТYN1012, 2Р4М; они меньших размеров, и их выводы припаиваются к соответствующим проводникам печатной платы).

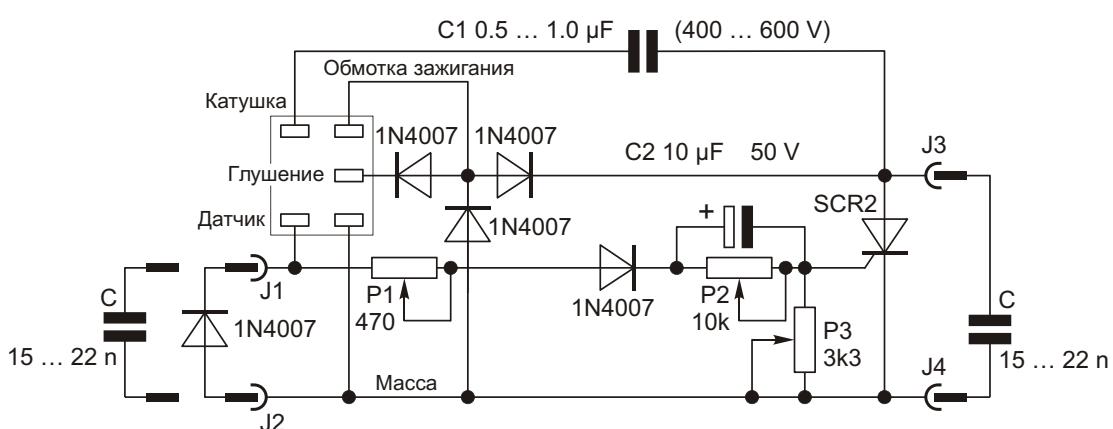


Рисунок 3. Принципиальная схема электронного коммутатора.

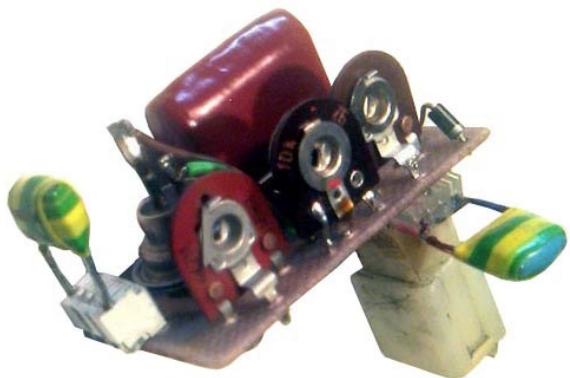


Рисунок 4. Внешний вид прототипа электронного коммутатора.

Для подключения внешних элементов (конденсаторов и дополнительного диода 1N4007) удобно использовать любые малогабаритные разъёмы. На схеме они обозначены J1 ... J4. Допустимое напряжение конденсаторов С, как и С1, должно быть не менее 400 В.

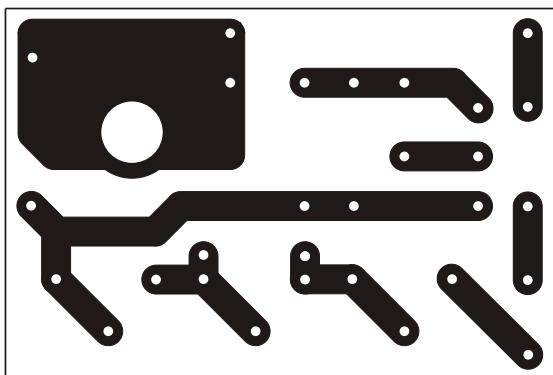


Рисунок 5. Печатная плата коммутатора (размеры 40 × 60 мм).

Следует иметь в виду, что печатная плата, показанная для примера на Рисунке 4, рисовалась без учета цоколевки реального разъема, которого на тот момент просто не было под рукой, поэтому разъем был установлен позже с обратной стороны платы (со стороны печатных проводников). Ниже приведен «нормальный» вариант платы (Рисунок 5), с учетом цоколевки, поэтому стандартный разъем на ней следует устанавливать со стороны деталей. Расположение деталей на печатной плате показано на Рисунке 6.

Необходимо еще раз напомнить, что схема разрабатывалась как отладочная, поэтому для ее использования в реальных условиях после всех настроек и регулировок следует заменить подстроечные элементы на постоянные с такими же или наиболее близкими номиналами и поместить плату в подходящий герметичный корпус, либо залить эпоксидной смолой или каким-нибудь другим изолирующим компаундом. **РЛ**

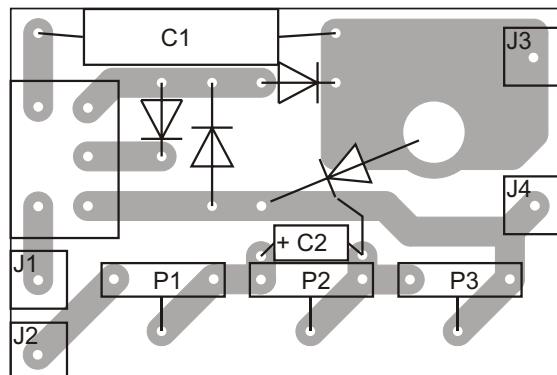


Рисунок 6. Расположение деталей на печатной плате коммутатора.

Простая схема рисует картинки на экране осциллографа

Russ Williams

EDN

Несмотря на разнообразные экранные заставки, поддерживаемые всей мощью современной компьютерной графики, нас по-

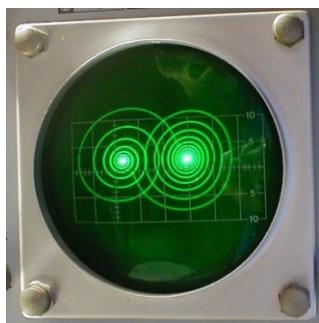


Рисунок 1. Изображение, получаемое с помощью RLC цепи.

прежнему продолжают впечатлять аналоговые картинки (Рисунок 1), известные как квадратурное искусство, которые могут быть полу-

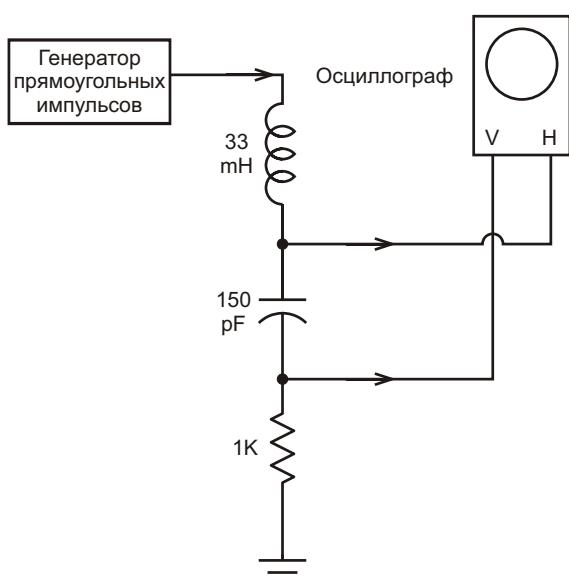


Рисунок 2. RLC цепь для формирования изображения двойной спирали.

чены с помощью осциллографа, генератора прямоугольных колебаний переменной частоты и RLC резонансной схемы (Рисунок 2). Эти картинки можно использовать для развлечения молодых и далеких от техники посетителей вашей лаборатории. Чаще всего изображения на экране имеют характер спиралей. Как вы думаете, на что они похожи?

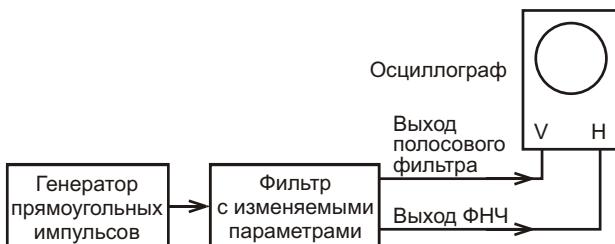


Рисунок 3. Фильтр с изменяемыми параметрами для формирования изображения двойной спирали.

Частота прямоугольных импульсов примерно в 10 раз ниже резонансной частоты RLC цепи. С ростом частоты генератора двойная спираль начинает раскручиваться, пока не превращается в одиничный круг. Сигналы подаются на входы каналов вертикального и горизонтального отклонения осциллографа, развертка не используется. Поскольку мы работаем со звуковыми частотами, прекрасно подойдет самый дешевый осциллограф.

Более универсальную схему можно создать, заменив RLC цепь фильтром с изменяемыми параметрами. Как показано на Рисунке 3, пластины вертикального отклонения осциллографа подключены к полосовому выходу фильтра, а пластины горизонтального – к низкочастотному выходу. Схема фильтра с изменяемыми параметрами изображена на Рисунке 4, а на Рисунке 5 – формируемое этой схемой изображение.

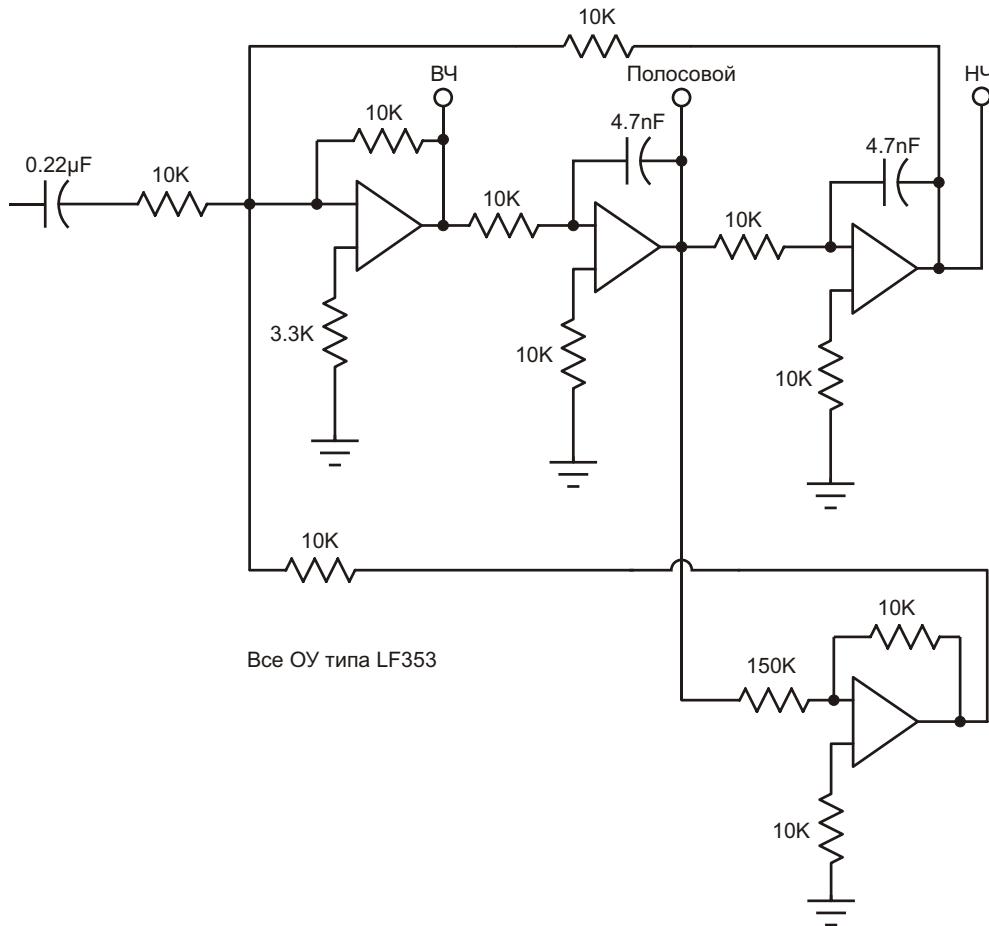


Рисунок 4. Схема фильтра с изменяющими параметрами.

Как видно из Рисунка 6, меняя форму входного сигнала, можно получать разнообразные результирующие изображения. Например, короткие импульсы, в отличие от прямоугольных, формируют на экране единственную спираль, а треугольные импульсы приводят к появлению петель. Использование ВЧ выхода фильтра вместо НЧ или полосового выхода дает возможность сформировать много различных картинок. **РЛ**



Рисунок 5. Изображение, получаемое с помощью фильтра.

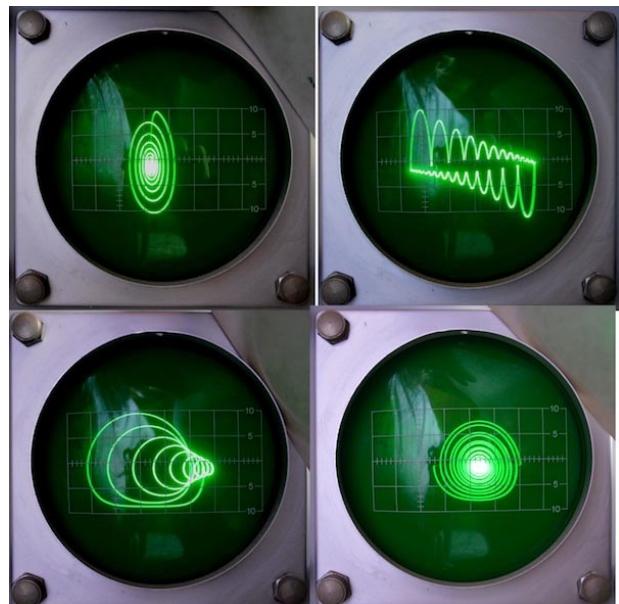


Рисунок 6. Остальные сигналы можно получить с помощью фильтра с изменяющими параметрами.

Ссылки

1. Lancaster, Don. The Active-Filter Cookbook, pp. 219-222

Двухквадрантный умножающий ЦАП на основе КМОП буфера

Ajoy Raman

EDN

Используя большой диапазон рабочих напряжений КМОП буфера шины 74HC244, можно сделать простой 8-разрядный двухквадрантный умножающий цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).

На Рисунке 1 8-разрядное цифровое слово через резисторы R1-R8 поступает на восемь входов КМОП буфера U1. К выходам буфера подключены весовые резисторы R9-R23 с соотношением сопротивлений 1:2:4:8...128. Опорное напряжение ЦАП Vref подается на вывод питания U1 VCC. Таким образом, выходное напряжение U1 будет пропорционально Vref. Резисторы R1-R8

необходимы для того, чтобы исключить влияние на выходные напряжения буфера входных управляющих логических сигналов.

Вывод 3 микросхемы U2 является, фактически, выходом по напряжению 8-разрядного униполярного ЦАП с $V_{ref} = V_{CC}$. Необязательный конденсатор C1 образует фильтр, удаляющий высокочастотные компоненты из этого напряжения, которое затем буферизуется, умножается на два и сдвигается на V_{ref} , после чего на выводе 6 операционного усилителя LF357 напряжение ЦАП становится биполярным.

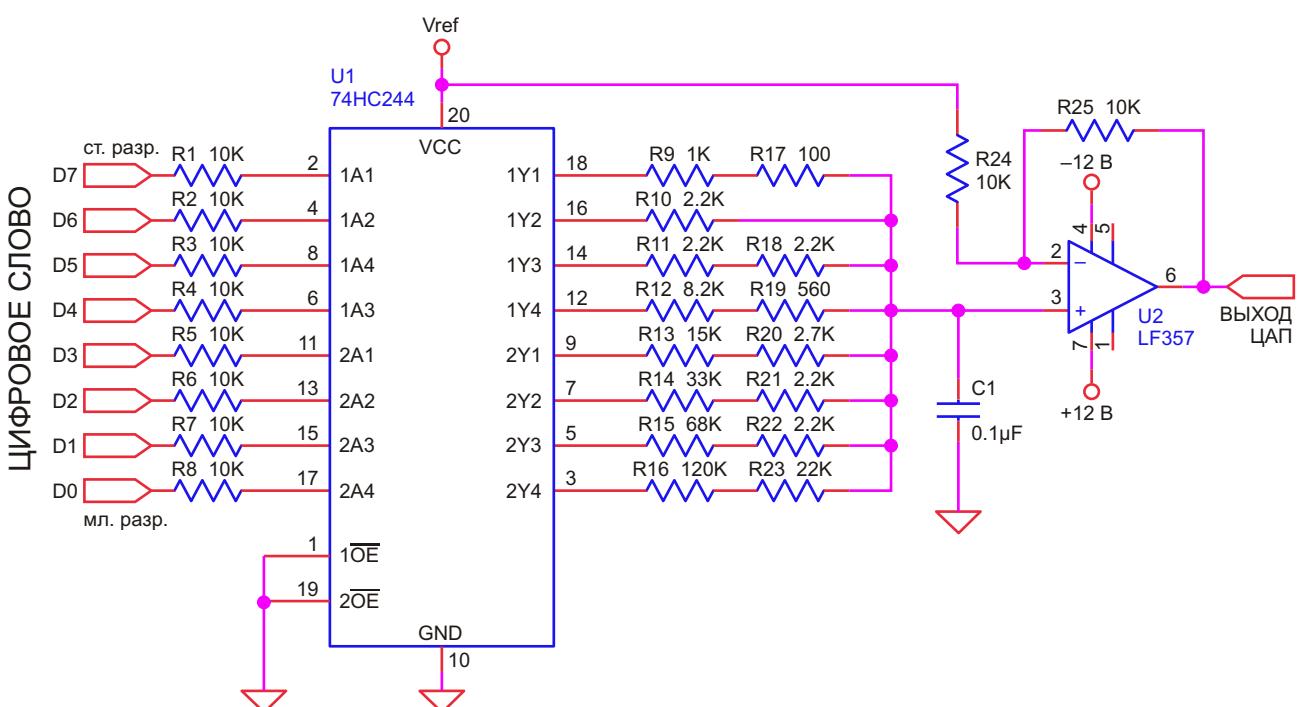


Рисунок 1.

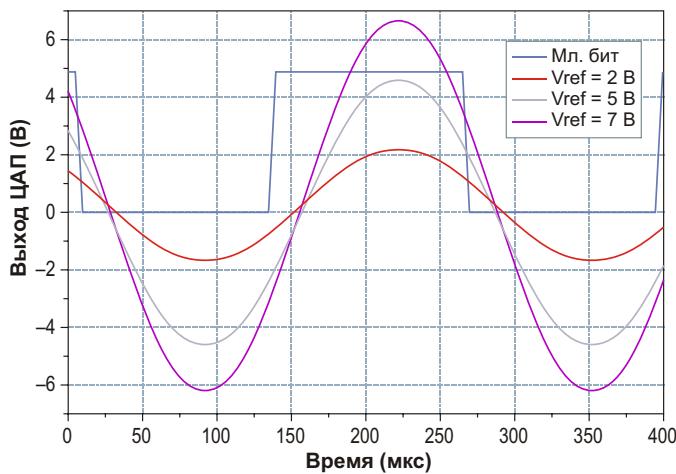


Рисунок 2.

На Рисунке 2 показаны образцы синусоидальных сигналов, синтезированных 16 отсчетами на период для различных значений V_{ref} . Измеренное время установления ЦАП составило 200 нс при $C_1 = 200$ пФ. **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
популяризовать -

приглашаем к сотрудничеству!