

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Ноябрь 2013 (30)

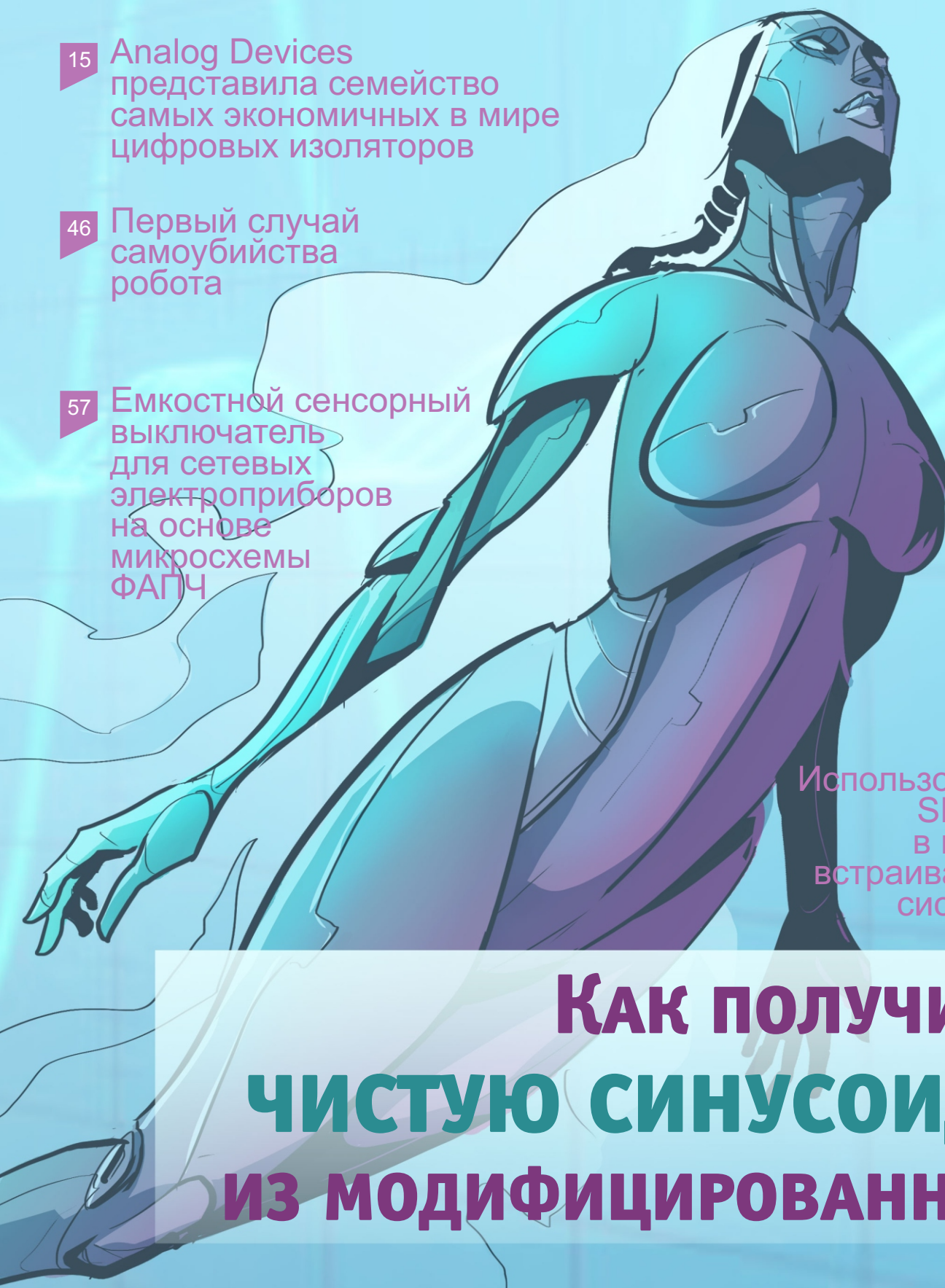
15 Analog Devices
представила семейство
самых экономичных в мире
цифровых изоляторов

46 Первый случай
самоубийства
робота

57 Емкостной сенсорный
выключатель
для сетевых
электроприборов
на основе
микросхемы
ФАПЧ

Использование
SD-карт
в малых
встраиваемых
системах 21

КАК ПОЛУЧИТЬ
ЧИСТУЮ СИНУСОИДУ
ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ 49



настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование



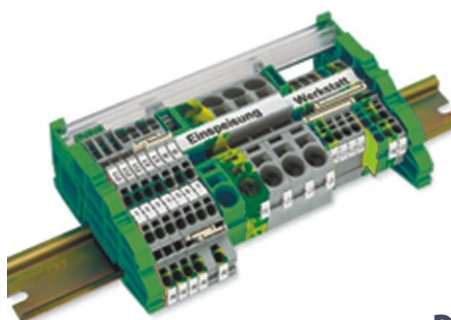
»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



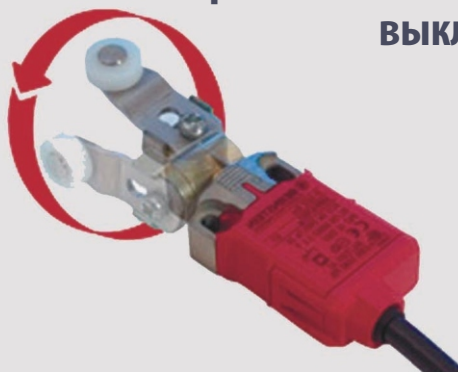
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS

клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат



BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

WWW.DECIMA.RU

Главный редактор:

А. Николаев

**Над номером
работали:**

В. Колесник
С. Муратчаев
А. Николаев
Н. Радунцева
М. Русских

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

☎ +7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

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

Оформление
бесплатной подписки:
www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 4 AVX представила две новые серии высокочастотных ультра широкополосных индуктивностей для поверхностного монтажа
- 5 Diodes представила мощный аудио усилитель в компактном корпусе
- 5 Silicon Labs выпускает самые малопотребляющие микроконтроллеры с ядром ARM Cortex-M0+
- 7 Analog Devices создала революционное решение для программно-определяемых радиосистем
- 8 Diodes выпустила миниатюрный малошумящий высокоточный LDO стабилизатор
- 9 Texas Instruments выпустила стерео усилители класса D утроенной мощности для ультрабуков и Bluetooth-громкоговорителей
- 10 Ультра малошумящий LDO стабилизатор снижает фазовые шумы в широкополосных коммуникационных системах
- 11 ISSI выпустила высокоэффективный однокаскадный контроллер светодиодов для ретрофитных ламп
- 12 Microsemi анонсировала портативное досмотровое устройство следующего поколения
- 13 Вышла новая версия Altium Designer 14
- 14 Epson приступает к производству новой серии гироскопических датчиков для автомобильной навигации
- 15 Analog Devices представила семейство самых экономичных в мире цифровых изоляторов
- 17 Atmel расширяет экосистему микропроцессоров с ядром Cortex-A5
- 18 Fujitsu объявила о завершении разработки 4-мегабитных приборов FRAM-памяти, совместимых с микросхемами SRAM
- 19 Philips Lumileds повышает эффективность и световую отдачу светоизлучающих матриц LUXEON CoB

Статьи

- 21 Использование SD-карт в малых встраиваемых системах. Часть 1
- 26 Galvin Manufacturing, Motorola, ON-Semiconductor, Freescale – 85 лет в истории инноваций
- 33 Простой перестраиваемый фильтр нижних частот
- 36 Новые средства оценки потерь мощности и анализа КПД силовых приводов в программе Power Supply WebDesigner
- 39 Безусловно устойчивый линейный стабилизатор напряжения
- 43 ЛЕГКОВЕСЫ ЭЛЕКТРОНИКИ. Часы-осциллограф: время вашей инженерной жизни
- 46 Первый случай самоубийства робота

Схемы

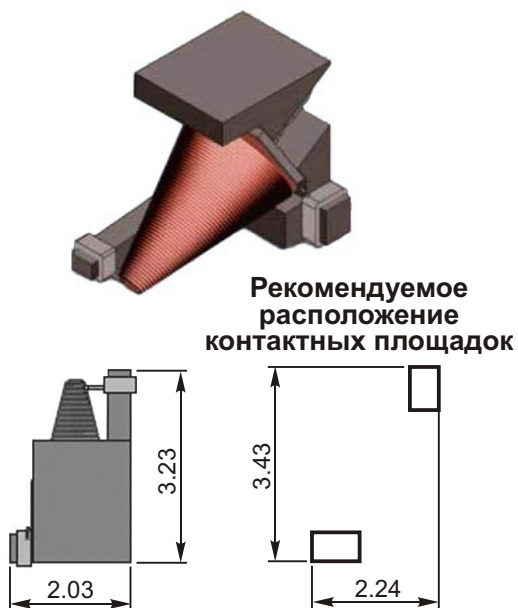
- 49 Как получить чистую синусоиду из модифицированной. Часть 1
- 54 Усовершенствованная схема ограничения тока для повышенных напряжений
- 57 Емкостной сенсорный выключатель для сетевых электроприборов на основе микросхемы ФАПЧ
- 59 Измерение состояния двух резистивных датчиков или нескольких переключателей с помощью одного триггера Шмитта
- 62 Компактный многофункциональный прибор – измеритель L, C, ESR, пробник-генератор сигналов

AVX представила две новые серии высокочастотных ультра широкополосных индуктивностей для поверхностного монтажа

Корпорация AVX недавно завершила разработку двух новых серий высокочастотных ультра широкополосных индуктивностей. Получившие обозначения GLM и GLN уникальные компоненты отличаются сверхниз-



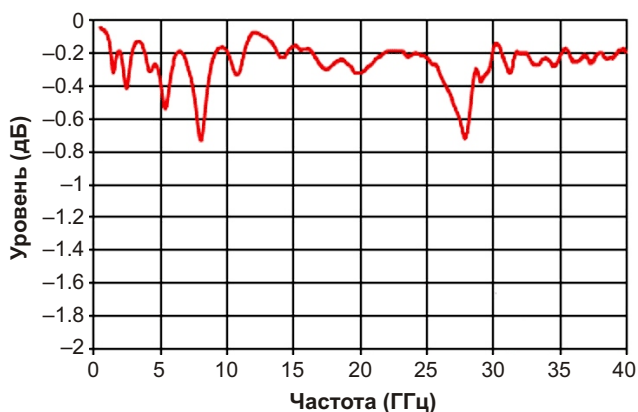
ким уровнем вносимых потерь и превосходным согласованием параметров в пределах нескольких октав частотного спектра. При создании GLM и GLN в центре внимания конструкторов была именно воспроизводимость и повторяемость характеристик в ультра широком частотном диапазоне до 40 ГГц. Предназначенные для поверхностного монтажа новые изделия имеют максимальную индуктивность при минимальном физическом объеме, что делает их идеальными элементами таких приложений, как коммуни-



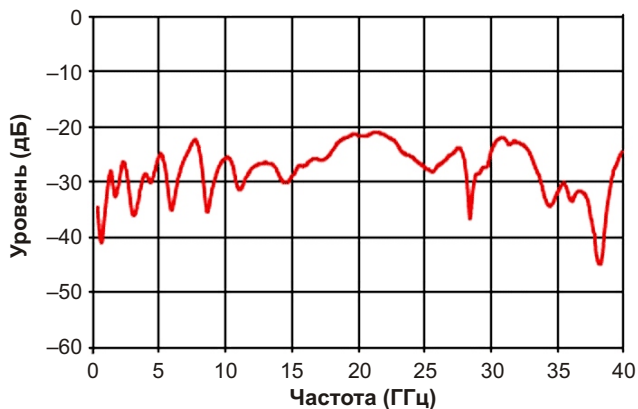
Габаритные размеры индуктивности GLMR47KAT1A

кационные устройства, блоки приемников оптических каналов связи, трансимпедансные усилители и производство измерительного оборудования.

«GLM и GLN компании AVX отличаются беспрецедентной широкополосностью. Кроме того, приборы характеризуются сверхнизкими вносимыми и возвратными потерями, а также исключительной близостью и воспроизводимостью параметров, что позволяет использовать их в суперширокополосных развязывающих цепях, в разделителях питания оптоволоконных коммуникационных систем, а также в оборудовании с высокоскоростной цифровой логикой» – сказал Ларри Эйсенбергер (Larry Eisenberger), старший инженер по применению компании AVX.



Типичная зависимость вносимых потерь (S21) от частоты для индуктивности GLMR47KAT1A



Типичная зависимость возвратных потерь (S11) от частоты для индуктивности GLMR47KAT1A

GLM и GLN рассчитаны на работу в диапазоне температур от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ и предлагаются в двух типоразмерах: M и N. От выпускаемой отраслью аналогичной продукции индуктивности отличают следующие ключевые параметры:

- плоская частотная характеристика,

- минимальные уровни вносимых и возвратных потерь,
- прочный сердечник из порошкового железа,
- бессвинцовые выводы, отвечающие требованиям директивы RoHS.

Diodes представила мощный аудио усилитель в компактном корпусе

Diodes Incorporated представила мощный аудио моно усилитель класса D в компактном корпусе для поверхностного монтажа SOP16 с вскрытым теплоотводящим основанием. Способность микросхемы PAM8320 работать на низкоомную нагрузку позволяет при мостовом включении 4-омных динамиков отдавать в них мощность до 20 Вт. Этого более чем достаточно для таких приложений, как малогабаритные колонки, беспроводные наушники, персональные компьютеры и док-станции. Широкий диапазон допустимых напряжений питания от 4.5 В до 15 В означает, что микросхема с одинаковым успехом может использоваться в потребительских устройствах как с батарейным, так и с сетевым питанием.

Благодаря высокому КПД, достигающему 95%, PAM8320 не нуждается во внешнем теплоотводе, позволяя сократить необходимую площадь платы и стоимость компонентов. Высокая надежность конечных изделий гарантируется комплексом средств обеспечения безопасной работы усилителя, включающим защитную блокировку при повышен-



ном и пониженном входном напряжении, температурную защиту и защиту от короткого замыкания нагрузки с автоматическим восстановлением, а также антикликовой цепью, предохраняющей динамики от повреждения при включении и выключении питания.

Применение

- Колонки для ПК
- Домашние акустические системы
- Активные колонки
- Док-станции
- Bluetooth громкоговорители

Silicon Labs выпускает самые малопотребляющие микроконтроллеры с ядром ARM Cortex-M0+

Недорогие микроконтроллеры EFM32 Zero Gecko отличаются лучшей в отрасли энергоэффективностью среди 32-разрядных устройств

Компания Silicon Labs представила самые малопотребляющие в отрасли 32-разрядные микроконтроллеры на базе процессора ARM Cortex-M0+. Благодаря сверхмалому энергопотреблению устройства семейства EFM32 Zero Gecko могут применяться в приложении-

ях с батарейным питанием, таких как изделия для занятия спортом и фитнесом, умные часы, устройства мониторинга активности, интеллектуальные счетчики, охранные системы и беспроводные датчики, а также в безбатарейных системах с питанием от

устройств сбора энергии. Семейство Zero Gecko является последним расширением серии микроконтроллеров EFM32 Gecko, созданных компанией Energy Micro, и содержит 16 недорогих микроконтроллеров, изначально разработанных для минимизации энергопотребления сетевых устройств, используемых для Интернета вещей.



В микроконтроллерах EFM32 Zero Gecko реализована наиболее сложная в отрасли система управления питанием с пятью режимами, позволяющими приложениям оставаться в оптимальном энергетическом состоянии при минимальном времени пребывания в активном режиме с большим потреблением мощности. В режиме глубокого сна устройствам Zero Gecko требуется всего 0.9 мкА, что является лучшим на сегодняшний день показателем для приборов подобного класса. В активном режиме микроконтроллеры потребляют 110 мкА/МГц на частоте 24 МГц. В режиме полного отключения (shut-off) потребление тока будет менее 20 нА.

Как и во всех продуктах EFM32 Gecko, в микроконтроллерах Zero Gecko реализована самая совершенная для такого класса приборов технология энергосбережения, названная Peripheral Reflex System (PRS), которая значительно повышает энергоэффективность на системном уровне. PRS контролирует сложные события системного уровня и предоставляет различным периферийным устройствам возможность непосредственно взаимодействовать друг с другом и работать автономно без участия центрального процессора. Благодаря PRS микроконтроллер может анализировать последовательности определенных событий, происходящих до пробуждения процессора, тем самым, оставляя ядро Cortex-M0+ в энергосберегающем

режиме максимально возможное время и снижая общее энергопотребление системы.

В микроконтроллерах EFM32 Zero Gecko имеется множество малопотребляющих точных аналоговых периферийных устройств, типичных для популярных семейств Tiny Gecko, Giant Gecko и Wonder Gecko. В частности, это аналоговый компаратор, компаратор напряжения питания, встроенный датчик температуры и 12-битный АЦП, потребляющий ток 350 мкА при частоте дискретизации 1 МГц.

Устройства Zero Gecko являются единственными микроконтроллерами с ядром Cortex-M0+, которые содержат аппаратный блок шифрования AES128. Благодаря такой аппаратной поддержке ускорения шифрования Zero Gecko являются идеальными решениями для использования в радиочастотных передатчиках и трансиверах, применяемыми для организации Интернета вещей.

Чтобы ускорить время выхода на рынок и снизить стоимость разработки, устройства семейства EFM32 Zero Gecko поддерживаются средой Simplicity Studio, которая работает на платформах Microsoft Windows, Linux и Mac/OS X. Средства разработки сторонних фирм включают IAR Embedded Workbench, Keil MDK-ARM и CrossWorks компании Rowley Associates.



EFM32ZG-STK3200

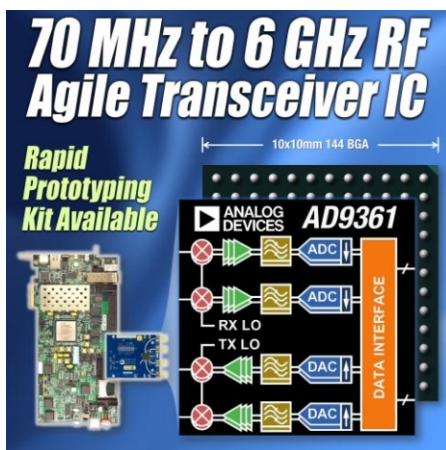
Цена и доступность

Образцы микроконтроллеров EFM32 Zero Gecko с объемом flash-памяти от 4 до 32 КБ доступны в корпусах QFN и QFP. Стартовая цена при заказе свыше 100,000 компонентов составляет \$0.49 за штуку. Легкий в использовании и недорогой оценочный набор EFM32ZG-STK3200 можно приобрести по цене \$69.

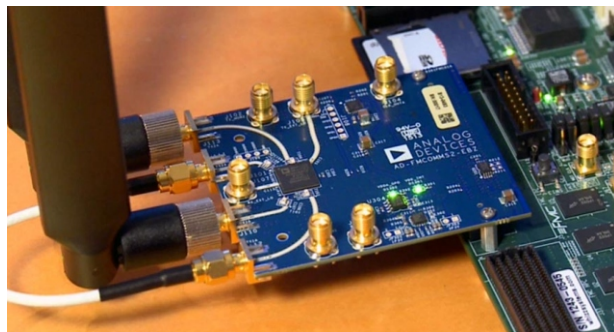
Analog Devices создала революционное решение для программно-определяемых радиосистем

- По шумовым параметрам RF Agile Transceiver втрое превосходит любое конкурирующее изделие.
- Комплект разработчика и средства быстрого прототипирования на ПЛИС снижают риски и сокращают сроки проектирования.

Analog Devices представила революционное решение для программно-определяемых радиосистем. Разработанная для работы с огромным перечнем модуляционных схем и сетевых спецификаций программируемых радио приложений, таких как военная электроника, измерительное оборудование и коммуникационная инфраструктура, новая микросхема приемопередатчика AD9361 (маркетинговое название RF Agile Transceiver) сочетает лучшие в своем классе характеристики, высокую степень интеграции, широкий диапазон рабочих частот и гибкость. Поддержка AD9361 обширным набором вспомогательных ресурсов, включая программный комплекс разработки и мезонинный модуль с ПЛИС компании Xilinx, позволяет создавать программное обеспечение радиосистем с минимальными затратами времени.



«AD9361 Agile Transceiver является законченным однокристалльным решением для построения радиочастотных приемопередатчиков и мечтой всех разработчиков радиосистем, – сказал Мэтт Эттус (Matt Ettus), президент компании National Instruments. – Объединив AD9361 с ПЛИС Xilinx Spartan-6, интерфейсом USB 3.0 и всесторонней программной поддержкой, мы создали одно из лучших по простоте использования решений в области программно-определяемых радиосистем».



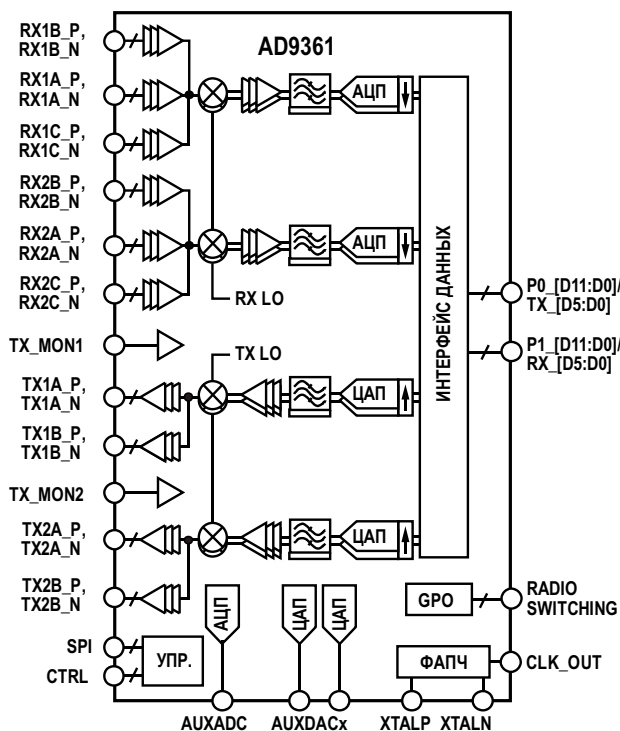
Плата AD-FMCOMMS2-EBZ-FMC поможет разработчикам быстро создать прототип своей конструкции благодаря поддержке множества коммуникационных протоколов, использующих большинство лицензируемых и нелицензируемых диапазонов частот.

Что такое AD9361 RF Agile Transceiver

Работающая в диапазоне частот от 70 МГц до 6 ГГц микросхема AD9361 объединяет множество различных функций на одном кристалле. В радиочастотные приемопередатчики включены: законченный высокочастотный тракт, гибко перестраиваемая секция смешанной обработки сигналов модулирующей частоты, синтезаторы частот, два аналого-цифровых преобразователя и два приемника прямого преобразования. AD9361 поддерживает ширину канала от менее чем 200 кГц до 56 МГц, полностью программируется на уровне каждого функционального узла и имеет наибольший динамический диапазон среди всех устройств, предлагаемых на сегодняшнем рынке.

Два независимых приемника прямого преобразования имеют уникальные шумовые характеристики и линейность. Каждая приемная подсистема содержит независимые цепи автоматической регулировки усиления, коррекции постоянного смещения, квадратурной коррекции и цифровой фильтрации, освобождая от необходимости выполнения этих функций цифровой процессор приложений. В AD9361 также предусмотрены гибкие режимы ручного управления усилением посредством внешних цепей.

Устройство	Доступность образцов	Доступность	Цена за шт. в партии из 1000 приборов	Корпус
AD9361	Сейчас	Сейчас	\$175	0 10 мм CSPBGA 144 контакта
Плата FMC AD-FMCOMMS2-EBZ	Сейчас	Сейчас	\$750	Система быстрого прототипирования



Упрощенная функциональная схема AD9361

Два аналого-цифровых преобразователя с большим динамическим диапазоном оцифровывают квадратурные составляющие I и Q принимаемого сигнала и пропускают их через конфигурируемые прореживающие цифровые фильтры и 128-элементные КИХ-фильтры, формируя 12-битный выходной сигнал с соответствующей частотой дискретизации. В передатчиках используется архитектура с прямым преобразованием сигнала, позволяющая получать высокую точность модуляции при ультра низких шумах.

Средства поддержки для AD9361: набор разработчика программ и мезонинный модуль

Помимо мезонинной карты FPGAADI предлагает доступный для свободного скачивания большой набор разнообразных ресурсов поддержки разработчиков, включая Gerber-файлы, примеры кодов, снабженные драйверами образцы приложений для Linux и пакеты программ.

Diodes выпустила миниатюрный малошумящий высокоточный LDO стабилизатор

Компания Diodes выпустила линейный стабилизатор AP7340 с малым падением напряжения (LDO). Коэффициент подавления пульсаций питания нового прибора на частоте 1 кГц равен 75 дБ, а уровень шумов в диапазоне частот от 10 Гц до 100 кГц не превышает 60 мкВ с.к.з. Столь высокие характеристики позволяют использовать микросхему в аналоговых цепях чувствительных к шумам аудио, видео и радиочастотных приложений. Стабилизатор, впускаемый в корпусе DFN1010-4 размером всего 1.0 × 1.0 мм, прекрасно подойдет для портативных устройств с высокой плотностью размещения компонентов.

Миниатюрный малошумящий LDO стабилизатор может отдавать выходной ток до 150 мА при входном напряжении от 1.7 В до 5.25 В. Микросхема содержит источник опорного



напряжения, усилитель ошибки, цепь ограничения тока и вход разрешения для внешнего управления включением и выключением стабилизатора. Интегрированные резисторы с шагом 0.1 В задают любое выходное напряжение из диапазона 1.2 ... 3.3 В.

Точность стабилизации уровня выходного напряжения микросхемы AP7340 выше, чем у доступных на современном рынке аналогов, и составляет $\pm 1.5\%$ во всем диапазоне рабочих температур от -40°C до $+85^\circ\text{C}$. Типичный ток покоя этого маломощного стабилизатора равен всего 35 мкА и почти не увеличивает общий ток потребления конечного устройства.

Texas Instruments выпустила стерео усилители класса D утроенной мощности для ультрабуков и Bluetooth-громкоговорителей

Созданный компанией TI 7-ваттный усилитель в маленьком корпусе QFN звучит громче и чище

Texas Instruments (TI) разработала стерео усилитель класса D, создающий эффект больших динамиков в ультрабуках, Bluetooth громкоговорителях, планшетах и док-станциях. Микросхема TPA3131D2 является первым в отрасли усилителем класса D в миниатюрном корпусе QFN, способным отдать в нагрузку мощность 7 Вт – втрое больше, чем стандартные HDA-кодеки. TPA3131D2 имеет вдвое меньший корпус, чем дискретные усилители с сопоставимой выходной мощностью.

Особенности и преимущества TPA3131D2

• Эффект больших динамиков

7-ваттный стерео выход более чем втрое превосходит по выходной мощности 2-ваттные HDA-кодеки. Звук ультрабуков и Bluetooth громкоговорителей станет громче и прозрачнее.

• Размеры корпуса позволяют использовать прибор в ультрабуках

Корпус QFN размером 5 x 5 мм примерно вдвое меньше корпусов TSSOP, используемых для дискретных усилителей. Это упрощает конструкцию и позволяет получать наибольшую выходную мощность на квадратный миллиметр печатной платы.

Функции схемы

- Отключение с автоматическим разрядом выходной емкости или без разряда
- Прогрессирующее ограничение тока при и перегрузке

Целевые рынки

- Источники питания радиочастотных устройств
- Портативное видео
- Беспроводные адаптеры
- Камеры
- Портативные медиаплееры
- Устройства беспроводной коммуникации



• Увеличенное время работы аккумуляторов

Достигающий 92% КПД и ток покоя 50 мкА позволяют аккумуляторам работать дольше, чем с обычными дискретными усилителями в более крупных корпусах TSSOP.

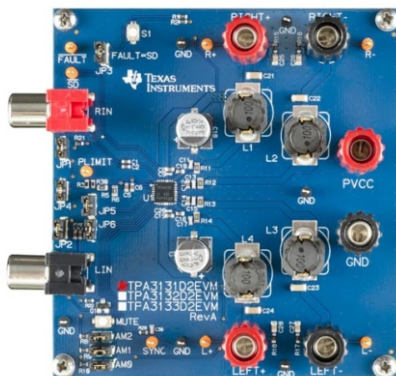
• Широкий диапазон напряжений питания

Усилитель способен работать при рекордно низком для интегральных усилителей напряжении питания 4.5 В. В то же время, расширенный до 26 В верхний диапазон напряжения питания позволяет использовать устройство в системах, питающихся как от двухэлементных литий-ионных батарей, так и от сети переменного тока.

• Законченное решение для аудио канала

В сочетании со стерео аудио кодеком TLV320AIC3254 и стерео усилителем для наушников TPA6132A2 образует высококачественную аудио систему.

Средства поддержки разработки



Для быстрого ознакомления с усилителем выпущена оценочная плата TPA3131D2EVM, которую можно приобрести по рекомендованной розничной цене \$149. Проверку целостности сигналов на разрабатываемой плате можно выполнить с помощью PSpice моделей, доступных для загрузки на сайте компании.

Техническая поддержка осуществляется на аудио форуме сообщества TI E2E. Инженеры могут найти там готовые технические решения, получить помощь, поделиться собственным опытом и решить возникшие проблемы при участии экспертов TI.

Доступность и цена

Усилители TPA3131D2 уже продаются в 32-выводных корпусах QFN по рекомендованной розничной цене \$1.10 за штуку в партиях из 1000 микросхем.

Ультра мал шумящий LDO стабилизатор снижает фазовые шумы в широкополосных коммуникационных системах

- Вдвое снижает спектральную плотность шумов LDO регуляторов
- Позволяет значительно уменьшить фазовые шумы ГУН и джиттер систем синхронизации СВЧ устройств

Analog Devices объявила о выпуске ультра мал шумящих LDO стабилизаторов напряжения для питания радиочастотных устройств. Приборы ADM7150/1 работают при входных напряжениях от 4.5 до 16 В, отдавая выходной ток до 800 мА при напряжениях от 1.5 до 5 В. Спектральная плотность шумов новых микросхем в полосе частот от 10 кГц до 1 МГц не превышает 1.4 нВт/ Гц, что позволит значительно снизить фазовые шумы ГУН в СВЧ радиосистемах точка-точка, в военной электронике, устройствах спутниковой коммуникации и других широкополосных приложениях. Кроме того, с помощью выбираемого пользователем блокировочного конденсатора можно существенно уменьшить низкочастотный фликкер-шум (до 8 нВт/ Гц на частоте 100 Гц) и использовать регулятор для питания прецизионных аналоговых измерительных систем.

Помимо ультра низких шумов ADM7150/1 отличаются хорошим подавлением переход-



ных процессов на входе и выходе. Типичные значения при включении с 10-микрофарадным выходным конденсатором составляют 0.01 %/В и 0.4 %/А, соответственно. Коэффициент подавления пульсаций источника питания также высок и превышает 90 дБ в полосе частот 1...100 кГц и 60 дБ на частоте 1 МГц. Таким образом, микросхемы могут очень эффективно фильтровать пульсации

DC/DC преобразователей, заменяя множество дискретных компонентов.

Цены и доступность

ADM7150 (с фиксированным выходным напряжением) и ADM7151 (с регулируемым

выходным напряжением) выпускаются серийно в 8-выводных корпусах LFCSP размером 3 × 3 мм и в 8-выводных корпусах SOIC. На приборы, покупаемые партиями не менее 1000 шт., установлена цена \$3.64 за одну микросхему.

ISSI выпустила высокоэффективный однокаскадный контроллер светодиодов для ретрофитных ламп

Высокоэффективный контроллер, работающий в режиме стабилизации тока при входном напряжении от 85 до 265 В AC и коэффициенте мощности более 0.97, предназначенный для светотехнических светодиодных приложений суммарной мощностью до 30 Вт

Integrated Silicon Solution (ISSI) сообщила о выпуске высокоэффективного контроллера светодиодов с универсальным входом переменного тока для рынка твердотельных источников света. Новая микросхема IS31LT3932 с диапазоном входных напряжений от 85 до 265 В AC, коэффициентом мощности, скорректированным до уровня, превышающего 0.97 и типовой погрешностью стабилизации тока $\pm 3\%$ будет идеальным компонентом для широкого диапазона автономных светодиодных ретрофитных ламп, включая E26, GU10, PAR и T8. Требуемый минимального количества внешних компонентов контроллер, работая в режиме истинной стабилизации тока, может обеспечить питанием светодиоды суммарной мощностью до 30 Вт.



- Single Stage High Power Factor > 0.97
- Universal Input Voltage 85 to 265VAC
- True Constant Current LED Controller
- Up to 40W with smallest BOM (Bill of Materials)

IS31LT3932 основана на оригинальной схеме управления средним током, обеспечивающей независимость тока индуктивности от изменений входного и выходного напряжения. В приборе реализована технология частотно-импульсной модуляции (ЧИМ), работа-

ющей без оптоизолятора, без каких-либо схем управления по вторичной стороне и без цепей частотной компенсации петли ОС, что резко снижает количество необходимых компонентов и их стоимость. Контроллер может быть сконфигурирован для работы в режимах неизолированного понижающего или понижающе-повышающего преобразователя, а также изолированного обратного преобразователя. Уникальная архитектура микросхемы позволяет, постоянно отслеживая выходное напряжение и подстраивая рабочую частоту, сохранять высокую точность стабилизации тока светодиодов.

IS31LT3932 имеет специальный вывод для датчика входной мощности, включенного в контур управляющей обратной связи и обеспечивающего точное регулирование тока нагрузки. Микросхема выполняет множество функций, характерных для контроллеров более высокого уровня сложности, включая мягкий старт и гистерезисную блокировку при падении входного напряжения, а также многочисленные защиты, в частности, от чрезмерного выходного напряжения, от обрыва и короткого замыкания нагрузки, от перегрузки первичной стороны и от перегрева. Кроме того, универсальный высоковольтный драйвер затворов рассчитан на поддержку широкой номенклатуры недорогих мощных MOSFET.

Цена и доступность

IS31LT3932 продаются в компактных, соответствующих требованиям RoHS корпусах SOP-8, по цене \$0.69 за одну микросхему при объеме заказа 1000 приборов.

Microsemi анонсировала портативное досмотровое устройство следующего поколения

Безопасная пассивная технология, основанная на детектировании миллиметровых волн, теперь позволяет обнаруживать металлические и неметаллические скрытые предметы

Компания Microsemi разработала портативное досмотровое устройство нового поколения с улучшенной способностью обнаружения металлов. Прибор AllClear, предназначенный для приложений, связанных с безопасностью и предотвращением ущерба, теперь имеет встроенный детектор металлов, позволяющий пользователям более точно детектировать металлические объекты, а также керамику, пластмассы, жидкости, гели порошки и бумаги, которые могут быть скрыты на теле человека.



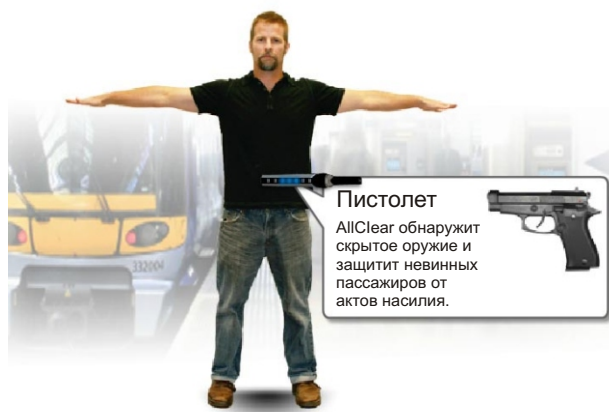
AllClear является первым в мире не нуждающимся в дисплее портативным досмотровым устройством, принцип работы которого основан на технологии детектирования сигналов миллиметрового диапазона волн. Питаящийся от аккумуляторов прибор обеспечивает высокий уровень обнаружения скрытых объектов, регистрируя сверхмалые изменения естественных электромагнитных волн миллиметрового диапазона, излучаемых спрятанными на теле объектами. Для этого не требуется подвергать человека воздействию какого-либо облучения и не требуется формировать изображение на экране. Прибор позволяет детектировать спрятанные объекты, не показывая анатомических деталей человека и не вторгаясь в его частную жизнь.



Портативное устройство досмотра AllClear может использоваться в широком спектре приложений безопасности и предотвраще-

ния хищений. Вот несколько примеров применения:

- Досмотр сотрудников и посетителей складов, центров розничной торговли, производственных предприятий
- Контрольно-пропускные пункты: военные объекты, здания судов, пункты пересечения границы, тюрьмы, государственные, частные и общественные здания
- Нефтехимические заводы, ядерные объекты, национальные памятники и другие важные элементы инфраструктуры
- Защита VIP-персон
- Досмотр пассажиров на земле, воде, в воздухе и на железнодорожном транспорте
- Спортивные и культурные мероприятия и другие места массового скопления людей



«Разработанная и запатентованная Microsemi пассивная технология является безопасной и эффективной альтернативой излучающим досмотровым устройствам, защищая частную жизнь человека. — сказал Дэвид Холл (David Hall), вице-президент и генеральный директор радиочастотного подразделения Microsemi. — Она позволяет обнаруживать намного более широкий спектр объектов, чем традиционные металлодетекторы, включающий такие неметаллические контрабандные предметы, как наркотики, пластиковая взрывчатка, электронные устройства и многое другое».

Выпускаемые Microsemi ручные, мобильные и стационарные досмотровые устройства, основанные на пассивном анализе миллиметровых волн, используются во многих ритейлерских центрах, правительственных учреждениях и на военных объектах, защищая граждан и их собственность.

AllClear: как это работает

Все люди и объекты генерируют электромагнитную энергию в миллиметровом диапазоне волн. Это естественное свойство любого предмета, причем уровни излучений каждого предмета индивидуальны. Именно эти различия использует устройство AllClear для обнаружения вещей, которые человек, возможно, утаил на себе. AllClear определяет «границы» изменения уровней энергии между телом человека и спрятанными предметами, давая пользователям возможность быстро и легко детектировать наличие оружия, электронных устройств, и даже спрятанных денег или документов.

О наличии скрытых объектов, в зависимости от выбранного режима, AllClear предупреждает пользователя светодиодными индикаторами, расположенными на верхней

части устройства, звуком или вибрацией.

AllClear исключительно просты в использовании и требуют лишь минимальной тренировки единственного оператора.

Особенности AllClear

- Безопасная пассивная технология, использующая миллиметровый диапазон волн: без излучений, без прямого контакта, без вторжения в частную жизнь
- Детектирование в реальном времени, обеспечивающее высокую пропускную способность
- 16 часов непрерывной работы с литий-ионным аккумулятором 3.7 В
- Размеры 467 90 72 мм
- Вес 0.68 кг
- Гарантия 1 год (стандартная)

Доступность

Новое досмотровое устройство AllClear может поставляться заказчикам. Предлагается проведение тренингов для пользователей, как у клиентов, так и в обучающем центре Microsemi.

Вышла новая версия Altium Designer 14

Altium Designer 14: поддержка проектов на гибких и гибко-жестких печатных платах, поддержка встроенных компонентов печатных плат, улучшенные алгоритмы и правила трассировки, взаимодействие с популярными форматами ECAD и MCAD

Компания Altium сообщила о выходе новой версии интеллектуальной системы проектирования печатных плат Altium Designer 14. В новой версии программного продукта команда разработчиков, приняв во внимание многие пожелания пользователей, сосредоточилась на основных технологиях конструирования, улучшении трехмерных функций на всех

этапах работы над проектом, внедрении новых функций и мастеров. Версия Altium Designer 14 закрепила лидирующие позиции компании в сфере 3D систем проектирования печатных плат, обеспечив новую клиентоориентированную платформу с акцентом на основные технологии проектирования. В едином программном комплексе сосредоточены: поддержка гибких и жестко-гибких проектов, в том числе на этапе создания схемы, функции 3D конструирования печатной платы, функции анализа и программирования проекта.

Благодаря своим уникальным возможностям трехмерной визуализации на всех этапах проектирования Altium Designer открывает двери для новых инновационных решений при проектировании электронных устройств,





Гироскопические датчики, в основном, используются в системах автомобильной навигации для точного определения местонахождения посредством обнаружения изменений в направлении перемещения транспортного средства и вычисления траектории в местах, где отсутствует сигнал GPS, например, в туннелях. При использовании кварцевых гироскопических датчиков с аналоговым выходом требуется преобразовывать эти аналоговые сигналы в цифровые, как правило, используя для этого внешние АЦП. Однако преобразование выходных сигналов требует прокладки сигнальных линий, разработки периферийных схем, и сопровождается другими нежелательными сложностями, которые ложатся дополнительной инженерной нагрузкой на разработчика. Пользователи, заинтересованные в снижении этой нагрузки, проявляют повышенный интерес к гироскопам с цифровыми выходными интерфейсами.

Epson ответила на это запуском в серийное производство семейства гироскопичес-

ких датчиков XV4001, оснащенных популярными интерфейсами: 3- и 4-проводным SPI или I²C. Эти высокоточные устройства объединяют в себе компактные, стабильные, имеющие форму молота QMEMS-кристаллы с оптимизированными микросхемами Epson. Они также обеспечивают великолепную температурную компенсацию, благодаря чему имеют улучшенную стабильность и сохраняют точность при изменении температуры. Кроме того, для повышения надежности компания Epson оснастила эти гироскопы новой функцией самодиагностики, обнаруживающей нарушения в работе.

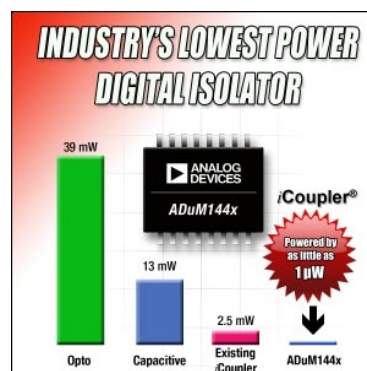
Серия XV4001 состоит из четырех моделей с различными комбинациями интерфейса и угла наклона чувствительного элемента для разных способов интеграции в изделие. XV4001BD (с интерфейсом SPI) и XV4001BC (с интерфейсом I²C) имеют угол наклона в корпусе 0 градусов. XV4001KD (с интерфейсом SPI) и XV4001KC (с интерфейсом I²C) – 20 градусов.

Analog Devices представила семейство самых экономичных в мире цифровых изоляторов

Самые миниатюрные в отрасли цифровые изоляторы iCoupler семейства ADuM144x потребляют ток в 1000 раз меньший, чем оптроны

Analog Devices представила семейство ADuM144x самых малопотребляющих в отрасли цифровых изоляторов. Основанные на разработанной и запатентованной ADI технологии iCoupler, приборы могут работать, потребляя мощность всего 1 мкВт – в 1000 раз меньше, чем оптроны и конкурирующие цифровые изоляторы. При столь ничтожном расходе энергии семейство ADuM144x идеально подойдет для таких промышленных и измерительных систем, как токовые петли 4-20 мА, удаленные датчики, «зеленые» системы, а также для многих других устройств с ограниченным ресурсом источников питания.

Четырехканальные цифровые изоляторы ADuM144x выпускаются в трех различных

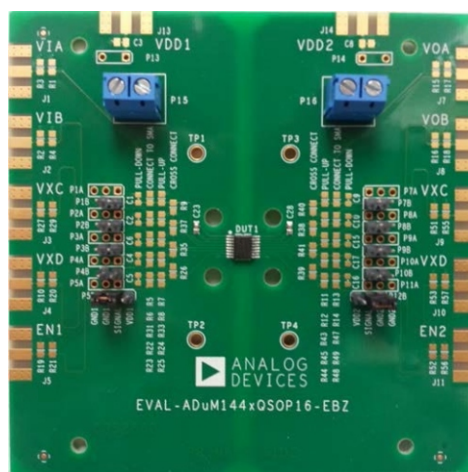




Типовая зависимость суммарного тока потребления одного канала от скорости обмена данными.

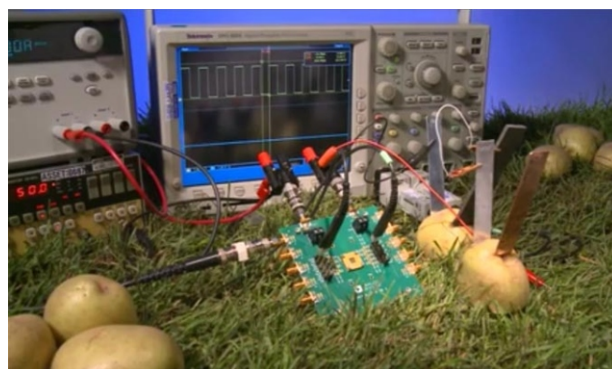
конфигурациях каналов с одинаковым сопротивлением изоляции, гарантирующим устойчивость к напряжению 2.5 кВ с.к.з. в течение одной минуты. Приборы работают при самом низком в отрасли напряжении питания – от 2.25 В до 3.6 В. При напряжении питания 2.5 В собственный ток потребления канала не превышает 5 мкА, а в активном режиме при скорости обмена 2 Мбит/с каждому каналу требуется менее 380 мкА. В энергосберегающем режиме потребляемый ток снижается до 0.1 мкА на канал, обеспечивая рекордный показатель в 1 мкВт на все изоляторы прибора. Кроме того, выпускаемые в 16-выводных корпусах QSOP микросхемы ADuM144x на сегодня являются самыми миниатюрными в мире устройствами среди цифровых изоляторов с напряжением изоляции 2.5 кВ с.к.з.

В микросхемах семейства ADuM144x используется та же масштабируемая технология изготовления трансформаторов



Оценочная плата EVAL-ADuM144xQSOP16-EBZ.

iCoupler, на основе которой за последние 10 лет было изготовлено и продано потребителям более миллиарда каналов изоляции. ADuM144x выпускаются серийно в 16-выводных корпусах QSOP. Новые версии, отличающиеся корпусами, количеством каналов и напряжением изоляции, появятся на рынке в ближайшее время.



Для питания новых цифровых изоляторов можно использовать даже клубень картофеля.

Доступность и цены

Изделие	Доступность	Цена за шт. в партии из 1000 приборов	Корпус
ADuM144xARQZ	Сейчас	\$1.98	4 5 мм, QSOP 16 выводов
ADuM144xARSZ	Январь 2014	\$2.48	7.2 5.3 мм, SSOP 20 выводов
Оценочная плата	Сейчас	\$49.00	

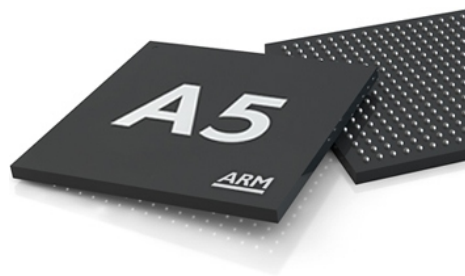
Atmel расширяет экосистему микропроцессоров с ядром Cortex-A5

Получившие еще более миниатюрные корпуса, расширенный температурный диапазон и мощную экосистему разработки, новые устройства найдут применение в носимых, медицинских, промышленных и автомобильных приложениях

Atmel объявила о расширении своего семейства микропроцессоров (МП) с ядром Cortex-A5. Новые устройства SAMA5D3, отличающиеся более миниатюрными корпусами, расширенным температурным диапазоном и разнообразной периферией, унаследовали от предшественников высокую производительность и малое потребление, получив при этом расширенную экосистему, включающую новые программные и аппаратные решения.



Модели МП с ядром Cortex-A5, поставляемые Atmel с конца 2012 года, имеют производительность 850 DMIPS при тактовой частоте 536 МГц и способны передавать данные со скоростью 1328 МБ/с при частоте шины 166 МГц. Устройства также располагают средствами быстрого обмена данными для промышленных приложений, имеют ультранизкое потребление менее 150 мВт в активном режиме на максимальной частоте и менее 0.5 мВт в режиме энергосбережения, ориентированном на потребительские изделия с батарейным питанием, в том числе носимые, такие, как «умные» часы. SAMA5D3 имеют расширенный набор пользовательских интерфейсов для устройств домашней автоматизации и панелей управления.



Для наиболее полного удовлетворения требований, предъявляемых к современным носимым, портативным, вычислительным и медицинским приложениям, Atmel выпустила вариант SAMA5D31 в еще более миниатюрном корпусе BGA324 с размерами 120 12 мм и шагом контактов 0.5 мм. Заказав не менее 100,000 приборов, можно получить их в бескорпусном исполнении и использовать для создания малогабаритных Систем в корпусе (SiP). Дополнительная поддержка вторичного рынка промышленной и автомобильной продукции будет обеспечена процессором SAMA5D36 – устройством с уникальным сочетанием пользовательских интерфейсов и коммуникационных возможностей, включая интерфейс ЖКИ, два Ethernet-порта и поддержку интерфейса Dual-CAN. SAMA5D36, так же, как и SAMA5D35, рассчитан на работу в диапазоне температур окружающей среды от –40 °C до 105 °C.

И без того уже развитая экосистема микропроцессоров SAMA5D3 была расширена за счет новых партнеров, с которыми установлено тесное сотрудничество. Теперь на сайте linux4sam.com доступен бесплатный набор компонентов Yocto для создания дис-

	SAMA5D31	SAMA5D33	SAMA5D34	SAMA5D35	SAMA5D36
ЖКИ	+	+	+	–	+
10/100 EMAC	+	–	–	+	+
10/100/1000 EMAC	–	+	+	+	+
DUAL CAN	–	–	+	+	+
Интерфейс датчика изображения	+	+	+	+	+
USB	+	+	+	+	+
Безопасная загрузка	+	+	+	+	+
Модуль криптографии	+	+	+	+	+

трибутивов Atmel Linux, а также бесплатный порт Android 4.2 на сайте www.at91.com/android4sam. Кроме того, для тех, кто не использует ОС, добавлены новые примеры, написанные на языке Си. Экосистема SAMA5D3 расширена также добавлением поддержки операционных систем Windows Compact 7 BSP, QNX, NuttX BSP, Micrium uC-OS/III, инструментов разработки Rowley

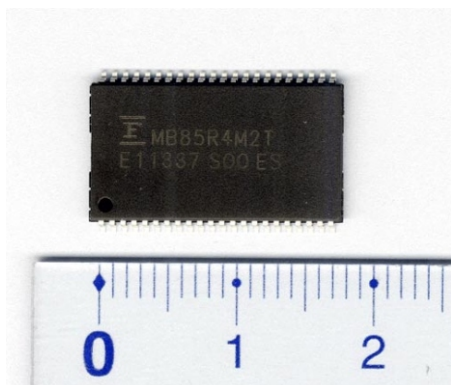
Crossworks или ATollic True Studio, а также микросхем управления питанием производства Active-Semi.

Доступность и стоимость

Микропроцессоры Atmel Cortex A5 поставляются в промышленных объемах. В партиях из 1000 приборов цена одной микросхемы начинается от \$6.95.

Fujitsu объявила о завершении разработки 4-мегабитных приборов FRAM-памяти, совместимых с микросхемами SRAM

Fujitsu Semiconductor объявила о завершении разработки 4-мегабитных приборов FRAM-памяти MB85R4M2T с параллельным интерфейсом, совместимым с микросхемами SRAM. Образцы новой продукции в 44-выводных корпусах TSOP будут доступны в первом квартале 2014 г. По расположению выводов приборы полностью совместимы со стандартными маломощными микросхемами SRAM, что дает возможность заменить ими традиционные ОЗУ в промышленном оборудовании, офисной технике, медицинских приборах, охранных устройствах и других приложениях, в которых в настоящее время используются SRAM.



FRAM одновременно сочетает в себе свойства энергонезависимой памяти, способной сохранять информацию при выключенном источнике питания, и оперативной памяти с произвольным доступом, обеспечивающей возможность быстрой записи данных. Поскольку FRAM может безопасно сохранять данные даже при внезапных отказах источника питания и перебоях в подаче электроэнергии, с ее помощью можно обеспечивать сохранность информации, записанной

непосредственно перед отключением питания.

MB85R4M2T – не первая SRAM-совместимая микросхема Fujitsu, дополняющая ее портфель FRAM памяти. Полное совпадение контактов 44-выводного корпуса TSOP со стандартными SRAM позволяет без существенного изменения конструкции печатной платы заменять обычные ОЗУ в устройствах промышленного управления, многофункциональных принтерах, медицинском оборудовании и системах безопасности зданий. Кроме того, не нуждаясь в источнике питания для хранения данных, микросхемы позволяют сделать приборы более компактными, экономичными и дешевыми.

Особенности

- Конфигурация: 262,144 слов 16 бит
- Отдельное управление байтами слова: возможна конфигурация 524,288 слов 8 бит
- Количество циклов чтения/записи: 10^{13} в 16-битном режиме
- Время хранения данных: 10 лет при температуре +85 °C
- Диапазон напряжений питания: 1.8 ... 3.6 В
- Ток потребления:
 - не более 20 мА в активном режиме
 - не более 150 мкА в режиме хранения
 - не более 20 мкА в спящем режиме
- Диапазон рабочих температур: –40 °C ... +85 °C
- Корпус: TSOP 44 вывода (FPT-44P-M34), соответствует требованиям директивы RoHS

Philips Lumileds повышает эффективность и световую отдачу светоизлучающих матриц LUXEON CoB

Светодиодные матрицы LUXEON CoB имеют световой поток от 1000 до 7000 лм и типовую эффективность 130 лм/Вт

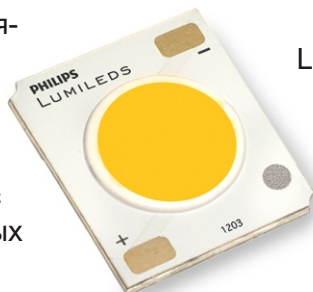
Всего лишь через несколько месяцев после появления матриц LUXEON CoB на рынке компания Philips Lumileds сообщила об улучшении их параметров на 10%, тем самым, укрепив их статус самых эффективных светодиодных матриц на современном рынке.

«С момента запуска LUXEON CoB в серийное производство прошел один квартал, но за это время мы уже сумели на 10% улучшить световую отдачу и эффективность», – сказал Эрик Сендерс (Eric Senders), директор линейки продуктов Philips Lumileds. Результатами усилий компании стали высочайший уровень эффективности, достигающий 130 лм/Вт, и лучшее в отрасли сочетание плотности упаковки и эффективности. Например, 9-миллиметровая матрица с теплым белым цветом свечения имеет световой поток 2200 лм при эффективности 100 лм/Вт, а матрица холодного белого свечения – 2500 лм при 105 лм/Вт.



Имея в своем распоряжении такие небольшие светоизлучающие поверхности (9, 13 или 15 мм), разработчики смогут использовать более дешевые оптические конструкции и создавать ультра компактные светильники с сосредоточенными в самом центре источниками излучения.

Помимо преимуществ, предоставляемых оптической конфигурацией приборов, печатная плата с металлическим основанием обеспечивает четырехкратное улучшение теплопередачи, что позволяет на 40% сократить площадь теплоотводов, или же, сохранив их размеры, существенно повысить надежность.



«Последние доработки сделали LUXEON CoB еще более совершенным прибором для целого ряда общих световых решений, включая наружное и промышленное освещение, ретрофитные лампы и, конечно же, направленные и локальные светильники, – продолжал Сендерс. – Наши версии матриц с индексом цветопередачи 90 (типовые значения 97) могут использоваться в самых высококачественных светотехнических приложениях. Мы предлагаем приборы с цветовой температурой от 2700 до 5700K и индексами цветопередачи 70, 80 или 90».



Особенности

- Эффективность более 130 лм/Вт при температуре 85 °C
- Самая маленькая в отрасли площадь светоизлучающей поверхности
- Высокая однородность диаграммы излучения
- Печатные платы с металлическим основанием
- Самое низкое в отрасли тепловое сопротивление

Преимущества

- Простота конструирования устройств, отвечающих требованиям современных стандартов, в том числе, ENERGY STAR

- Меньшие размеры необходимых оптических элементов
- Отличная сочетаемость с отражателями и линзами
- Высокая прочность и надежность снижают вероятность повреждения при монтаже и эксплуатации
- Более малогабаритные, легкие и дешевые теплоотводы

Электрические и оптические характеристики LUXEON CoB

Прибор	Световой поток при номинальном и удвоенном токе (лм)	Светоизлучающая поверхность	Прямое напряжение (В)		Типовой температурный коэффициент прямого напряжения (мВ/°C)	Типовое тепловое сопротивление переход-корпус (°C/Вт)
		Диаметр (мм)	Тип.	Макс.	DV_f / DT_J	R_{J-C}
LHC1-xxxx-1203	900 - 2500	9	35.5	38	-16	0.49
LHC1-xxxx-1204	1400 - 3800	13	35.5	38	-16	0.40
LHC1-xxxx-1205	1800 - 5000	13	35.5	38	-16	0.32
LHC1-xxxx-1208	2750 - 7600	15	35.5	38	-16	0.22

Использование SD-карт в малых встраиваемых системах



Часть 1

Михаил Русских, tau68@rambler.ru

Приводится краткая информация о SD-картах, даются основы принципа работы шины SD, поясняется порядок использования драйвера `stm324xg_eval_sdio_sd`, предназначенного для упрощения связи микроконтроллеров семейства STM32 с SD-картами

Некоторые встраиваемые системы должны иметь возможность хранения больших объемов информации. Например, регистраторы различных физических величин и параметров (ток, напряжение, температура, географические координаты) должны сохранять полученные с датчиков показания на определенном носителе, который впоследствии можно было бы извлечь из устройства и подключить к компьютеру для просмотра данных в удобном для пользователя виде. Для решения такой задачи наиболее очевидным кажется использование USB флеш-накопителей. Они широко распространены на рынке и позволяют хранить большие объемы информации. Но для некоторых малых встраиваемых систем первостепенным фактором является компактность, и габариты этих накопителей могут оказаться чрезмерными. Кроме того, не все микроконтроллеры оснащены модулем USB, и разработчик системы может довольно долго разбираться с USB-стеком, что может увеличить время работы над проектом. В связи с этим хорошей альтернативой USB является использование SD-карт, которые очень компактны и позволяют обмениваться данными с помощью распространенного интерфейса SPI или специального интерфейса для SD-карт.

Карты памяти SD (Secure Digital) разработаны, в основном, для применения в портативных устройствах. Сегодня на рынке существует большое количество моделей, предоставляемых такими компаниями как SanDisc, Toshiba, Panasonic, и способных записывать с зависящей от класса скоростью данные объемом от 8 МБ до 2 ТБ. SD-карты, в отличие от MMC-карт, помимо обычной области хранения данных имеют специальную защищенную область, которая недоступна обычному пользователю. Для того чтобы устройство смогло прочитать записанную на SD-карту информацию в виде файлов, эта карта должна иметь определенную файловую систему. Наиболее предпочтительной в данном случае является система FAT,

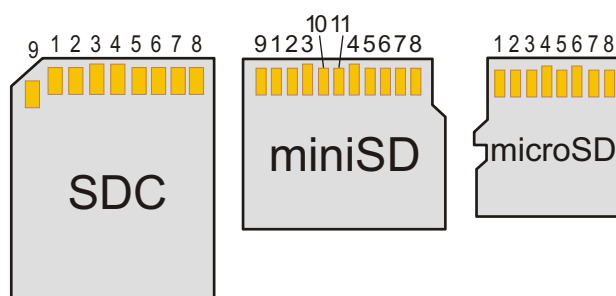


Рисунок 1. Расположение и нумерация выводов SD-карт.

Таблица 1. Функциональное назначение выводов SD-карт

Интерфейс SPI	DO			CS	DI	SCLK	Uпит	GND	Не исп.
Интерфейс SD	DAT0	DAT1	DAT2	DAT3	CMD	CLK	Uпит	GND	Не исп.
Карты SDC	7	8	9	1	2	5	4	3, 6	
Карты miniSD	7	8	9	1	2	5	4	3, 6	10, 11
Карты microSD	7	8	1	2	3	5	4	6	

поскольку количество циклов записи/чтения для SD-карт ограничено, а системы вроде NTFS и ext являются журналируемыми, то есть предполагающими частые опросы.

Передача и прием данных осуществляется по интерфейсу SPI или по шине SD. На Рисунке 1 показано расположение выводов SD-карт различных типов, а в Таблице 1 представлено функциональное назначение этих выводов.

Хотя с помощью SPI организация связи хост-контроллера с картой не вызывает затруднений, все же шина SD предоставляет больше возможностей и позволяет пересылать информацию с большей скоростью за счет наличия четырех линий передачи данных. Поэтому ниже более подробно рассмотрим именно этот способ работы с SD-картой.

Передача данных по шине SD

Связь с SD-картой осуществляется по 6 информационным линиям: 4 линиям данных (DAT0, DAT1, DAT2, DAT3), линии синхронизации (CLK), линии передачи команд (CMD). При подключении к контроллеру линии данных и линия передачи команд должны быть подтянуты к питанию, как показано на Рисунке 2.

Запись и чтение данных выполняются поблочно. Обычно блок состоит из 512 байтов. Передача данных и служебной информации основана на модели взаимодействия «команда-ответ». Перед передачей или приемом данных хост-контроллер должен отправить соответствующую команду по линии CMD. По этой же линии от SD-карты должен прийти ответ, после которого может быть осуществлено требуемое действие. Стандарт SD поддерживает присутствие нескольких ведомых на шине, в таком случае хост-контроллер может посылать команды широкослочно. Команда имеет четкую структуру, состоящую из 48 бит: 1 стартовый бит, 1 бит передачи (установлен в 1), 6 бит для индекса команды, 32 бита для аргумента, 7 бит для контрольной суммы и 1 стоповый бит. Ответ может иметь такую же 48-битную структуру (в этом случае бит передачи установлен в 0) или состоять из 136 битов (т. н. формат длинного ответа): 1 стартовый бит, 1 бит передачи (установлен в 0), 6 зарезервированных битов, 127 битов содержимого регистров CID (Card Identification Register) или CSD (Card Specific Data Register) и контрольной суммы, 1 стоповый бит.

В начале работы с картой хост-контроллер перезагружает карту с помощью команд

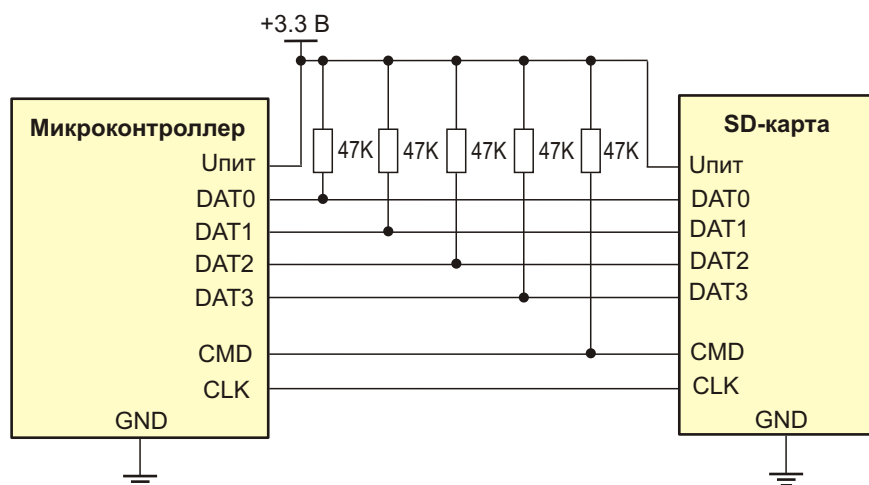


Рисунок 2. Подключение SD-карты к микроконтроллеру.

GO_IDLE_STATE (CMD0) и *IO_RW_DIRECT* (CMD52). Полный список команд с описанием можно найти в [1] (приложение А). После перезагрузки карта восстановит свои настройки по умолчанию, и ее адрес будет равен $RCA = 0x0001$. Если к хосту подключено несколько карт, то с помощью команды *SET_RELATIVE_ADDR* (CMD3) он задает каждой карте собственный адрес. Также в начале работы выполняется проверка поданного на карту напряжения. Напряжение карты должно быть в строго установленном диапазоне от 2.7 до 3.6 В. В связи с этим хост-контроллер с помощью команды *SEND_OP_COND* (CMD1 или *ACMD41*) обязан узнать текущее напряжение на карте и прекратить с ней работу, если оно не входит в требуемый диапазон. Таков общий принцип инициализации карты, для выполнения которой, в зависимости от типа карты (MMC, SD, SD I/O), могут использоваться другие команды и выполняться дополнительные шаги, поэтому при реализации низкоуровневого интерфейса нужно внимательно прочитать документацию на карту и изучить команды CMD.

Во время записи хост передает карте один или несколько блоков, используя команду *WRITE_BLOCK* (CMD24) или *WRITE_MULTIPLE_BLOCK* (CMD25), соответственно, при этом в конце каждого блока хост записывает контрольную сумму. Карта, запись данных для которой разрешена, всегда будет в состоянии принять блок(и), но если контрольная сумма не совпадет, то карта сообщит об ошибке и не запишет текущий блок в свою память, а в случае пакетной передачи следующие блоки будут проигнорированы.

Передать информацию хосту, то есть выполнить чтение, также можно одним блоком с помощью команды *READ_SINGLE_BLOCK* (CMD17) или пакетом из нескольких блоков с помощью команды *READ_MULTIPLE_BLOCK* (CMD18). В случае пакетной передачи хост может прервать чтение в любое время, отправив команду *STOP_TRANSMISSION* (CMD12). Если в ходе передачи нескольких блоков внутренний контроллер карты зафиксирует ошибку, то он остановит передачу данных хост-контроллеру, но оставит карту в режиме передачи данных. В таком случае хосту придется принудительно завершить чтение с помощью команды *CMD12*, при этом в ответе на эту команду карта сообщит об ошибке чтения.

Организация правильной работы шины SD является достаточно трудоемким процессом, поскольку помимо общих ситуаций, описанных выше, необходимо предусматривать различные нюансы в поведении карты и реализовывать дополнительные обработчики ошибок. Поэтому наиболее рациональным решением будет использование специальных библиотек, позволяющих разработчику не вдаваться в подробности передачи данных на аппаратном уровне и существенно сократить время разработки. Одной из таких библиотек, о которой пойдет речь ниже, является библиотека-драйвер *stm324xg_eval_sdio_sd* для популярных микроконтроллеров STM32, позволяющая существенно упростить работу с модулем SDIO, предназначенным для взаимодействия с SD-картами.

Драйвер *stm324xg_eval_sdio_sd*

Этот драйвер представляет собой библиотеку функций, с помощью которых можно реализовать высокоуровневый интерфейс для обмена данными с SD-картой. Драйвер поставляется для работы с отладочной платой STM324VG [2] (Utilities\STM32_EVAL\STM3240_41_G_EVAL), но после изменения функций, связывающих эту библиотеку с низкоуровневым интерфейсом SDIO он может функционировать со многими микроконтроллерами семейства STM32, в составе которых имеется модуль SDIO. Из предыдущего предложения следует, что к проекту должны быть подключены файлы из стандартной библиотеки *Standard Peripheral Library*, обеспечивающие функционирование модуля SDIO на низком уровне. Например, для микроконтроллеров серии STM32F4xx это будут файлы *stm32f4xx_sdio.c* и *stm32f4xx_sdio.h*.

Перед использованием функций драйвера программист должен связать этот драйвер с аппаратной частью, то есть настроить линии модуля SDIO. Для этого ему нужно в основном файле своей программы *main.c* создать функции *SD_LowLevel_Init()* (для включения модуля SDIO) и *SD_LowLevel_DeInit()* (для отключения модуля SDIO), в которых необходимо выполнить конфигурирование этих линий. Если программист желает использовать модуль прямого доступа к памяти для увеличения скорости работы с SD-картой, то ему также нужно будет создать функции

SD_LowLevel_DMA_TxConfig() и ***SD_LowLevel_DMA_RxConfig()***, отвечающие за передачу и прием данных с помощью модуля ПДП. В качестве примера инициализации четырех указанных функций можно взять код, имеющийся в файле *stm324xg_eval.c* из [2] (Utilities\STM32_EVAL\STM3240_41_G_EVAL).

Теперь рассмотрим основные функции для работы с SD-картой, предоставляемые этим драйвером. Для того, чтобы инициализировать карту, нужно вызвать функцию ***SD_Init()***, которая настраивает модуль SDIO, обращаясь к ***SD_LowLevel_Init()***, проверяет тип SD-карты, получает служебную информацию из регистров CID и CSD, задает скорость передачи данных (по умолчанию 24 МГц) и устанавливает ширину шины (4 бита). Прочитать данные, полученные с карты, можно с помощью функций ***SD_ReadBlock()*** (для чтения одного блока) и ***SD_ReadMultiBlocks()*** (для чтения нескольких блоков). Чтобы записать данные на карту, используют функции ***SD_WriteBlock()*** (для записи одного блока) и ***SD_WriteMultiBlocks()*** (для записи нескольких блоков). Эти функции чтения и записи принимают три аргумента: *buffer* (переменная-буфер, в которую должны помещаться данные для чтения и записи), *address* (адрес ячейки памяти SD-карты) и *block_size* (всегда 512, поскольку эти функции работают только с блоками длиной 512 байтов). Для стирания определенной области памяти карты имеется функция ***SD_Erase()***. В качестве аргументов она принимает *startaddr* и *endaddr*. В первом указывается адрес ячейки памяти, с которой начнется стирание, а во втором – адрес ячейки, на которой стирание будет завершено.

Передача данных между модулем SDIO и памятью микроконтроллера может осуществляться как обычным путем через центральный процессор, так и через блок прямого доступа к памяти. Для выбора необходимого режима нужно в файле *stm324xg_eval_sdio_sd.h* раскомментировать либо строчку ***#define SD_POLLING_MODE*** (обычный режим), либо строчку ***#define SD_DMA_MODE*** (режим ПДП). После любой операции записи или чтения необходимо с помощью функции ***SD_GetStatus()*** проверять, завершила ли карта текущую операцию, и готова ли

она к приему или отправке новых данных. Если эта функция вернула значение ***SD_TRANSFER_OK***, то передача завершена успешно, возврат ***SD_TRANSFER_BUSY*** означает, что канал передачи занят, а возврат ***SD_TRANSFER_ERROR*** сообщает об ошибке передачи. Все эти значения определены в структуре *SDTransferState*, записанной в *stm324xg_eval_sdio_sd.h*. Если передача информации выполнялась через блок ПДП, то дополнительно нужно проверять, завершил ли контроллер ПДП все операции по пересылке данных. Это делается с помощью функции ***SD_ReadWaitOperation()***. Также стоит отметить, что передача через блок ПДП завершается прерыванием, поэтому программисту необходимо организовать вызов функции ***SD_ProcessIRQ()*** в обработчике прерываний модуля ***SDIO SDIO_IRQHandler()*** и вызов функции ***SD_ProcessDMAIRQ()*** в обработчике прерываний DMA2 ***DMA2_Streamx_IRQHandler()***.

Для лучшего понимания принципа работы драйвера *stm324xg_eval_sdio_sd* можно воспользоваться рабочим примером из папки *SDIO\SDIO_uSDCard* [2] (Project\STM32F4xx_StdPeriph_Examples\SDIO). С помощью этой тестовой программы можно выполнить стирание определенной области памяти карты, запись данных по определенному адресу, чтение данных по этому же адресу с последующим сравнением отправленной и принятой информации. Идентичность буфера приема и буфера отправки является свидетельством того, что модуль SDIO, шина передачи информации и SD-карта функционируют нормально.

Таким образом, можно сказать, что SD-карты являются достойными конкурентами USB флеш-накопителей, когда речь заходит о проектировании малых встраиваемых систем, требующих хранения больших объемов данных. Передавать информацию с карты и на карту можно с помощью интерфейса SPI или по шине SD, которая разработана для этих целей и обеспечивает высокую скорость передачи. Реализация связи с картой существенно упрощается при использовании специальных драйверов, облегчающих работу с аппаратной частью и предлагающих программистам простые в использовании функции. Но, к сожалению, записанные в произволь-

ном порядке данные не будут восприняты какой-либо операционной системой, например, Windows, поэтому в следующей части будет рассмотрен порядок работы с SD-картой, имеющей файловую систему FAT. **РЛ**



Список источников

1. SD Card Specification. SD Association, October 2001, 29 pages. https://www.sdcard.org/downloads/pls/simplified_specs/archive/partE1_100.pdf
2. STM32F4xx DSP and Standard Peripherals Library. http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/st_prod_software_internet/resource/technical/software/firmware/stm32f4_dsp_stdperiph_lib.zip
3. RM0090. Reference manual for STM32F4xxx advanced ARM-based 32-bit MCUs. STMicroelectronics, February 2013, 1422 pages. http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/reference_manual/DM00031020.pdf?s_searchtype=keyword

Galvin Manufacturing, Motorola, ON-Semiconductor, Freescale – 85 лет в истории инноваций



Юрий Петропавловский

Компания Galvin Manufacturing Corporation (с 1947 года Motorola, Inc.), основанная в 1928 году братьями Полом и Джозефом Гэлвинами (Paul Galvin, Joseph Galvin) в Чикаго, внесла значительный вклад в развитие мировой радиотехники и электроники (Рисунок 1). В процессе эволюции из компании выделялись отдельные подразделения, ставшие самостоятельными фирмами, в том числе группа дискретных полупроводниковых приборов, ставшая компанией ON Semiconductor (1999 г.) и сектор интегральных микросхем, ставший компанией Freescale Semiconductor (2004 г.). В 2011 году состоялось завершение сделки по разделению Motorola Inc. на две компании – Motorola Solutions и Motorola Mobility (продана Google в 2012 году). Преемником основной части интеллектуальной собственности и активов корпорации Motorola Inc. является компания Motorola Solutions. Под основным брендом Motorola продукция «компаний» известна с 30-годов и отличается чрезвычайно широким спектром приложений, как в потребительских, так и промышленных секторах рынка.



Рисунок 1.

Под «компанией» в настоящей статье будем иметь в виду все реальные компании, переименованные или отделенные в различные периоды времени от «прародительницы» (Galvin Manufacturing).

На сайте Motorola Solutions имеется архив годовых отчетов «компаний», начиная с 1946 года. В отчетах, кроме экономических и финансовых показателей, приводятся анонсы и технические особенности продуктов компании с иллюстрациями. Из представленных отчетов читатели могут проследить основные этапы развития одной из известнейших электронных компаний США [1]. Рассмотрим некоторые знаковые продукты «компаний», оказавшие значительное влияние на развитие радиотехники и электроники в целом.

В 1930 году Пол Гэлвин представил первый продукт под маркой Motorola, им был автомобильный приемник «Motorola 5T71», состоящий из основного блока, панели управления и выносного динамика (Рисунок 2) и продававшийся по цене 120 долларов. Выпуск этого приемника дал старт направлению автомобильной электроники в

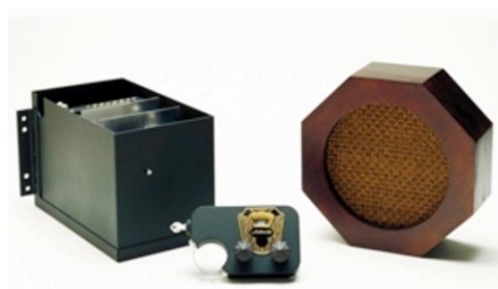


Рисунок 2.

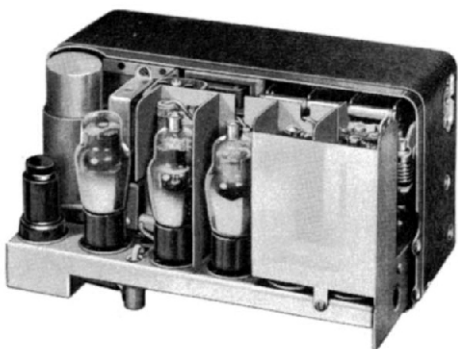


Рисунок 3.

деятельности «компании», успешно продолжающейся и в настоящее время. В 1936 году Galvin Manufacturing выпустила специализированный автомобильный приемник «Motorola Police Cruiser», предназначенный для установки в патрульные полицейские автомобили. Приемник на 6 лампах был выполнен на прочном шасси, вставляемом в металлический корпус, и оснащен мощным динамиком (Рисунок 3). Для приема использовались фиксированные кварцем частоты в диапазоне 1550-2800 кГц, не прослушиваемые обычными радиовещательными приемниками. В 1980 году компания разработала первую в мире компьютеризированную систему управления автомобильными двигателями на основе микропроцессора, предназначенную для уменьшения расхода топлива.



Рисунок 4а.



Рисунок 4б.

В 1940 году инженер Galvin Manufacturing Дон Митчелл (Don Mitchell) разработал ручную радиостанцию с АМ модуляцией «Handie-Talkie SCR536» («ручная говорилка», см. Рисунки 4а и 4б), получившую распространение в войсках союзников во время Второй Мировой Войны. Всего было выпущено около 130,000 «Handie-Talkie». Радиостанция работала в диапазоне частот 3.5-6 МГц и обеспечивала связь на расстоянии 1.5-5 км [2]. Разработка Доном Митчеллом SCR536 положила начало направлению мобильной связи в деятельности «компании», а сама радиостанция стала прообразом будущих мобильных телефонов.

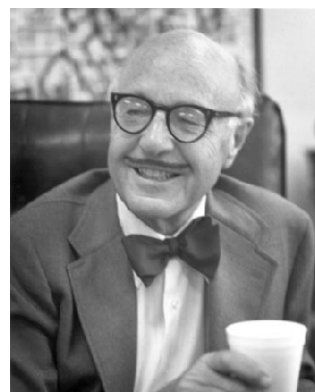


Рисунок 5.

В том же 1940 году было организовано исследовательское подразделение «компании» во главе с доктором Даниэлем Э. Ноблом (Daniel E. Noble, 1901-1980 г.г., фото на Рисунке 5) – пионером в области ЧМ радио и полупроводниковых приборов. Первая коммерческая система ЧМ радиосвязи было инсталлирована в 1941 году в Филадельфии, а в 1943 году Galvin Manufacturing приступила к выпуску первых в мире носимых ЧМ радиостанций SCR300 для войск США и союзников (Рисунок 6). Радиостанция, получившая



Рисунок 6.

название «Walkie-Talkie» («ходилка-говорилка»), работала в диапазоне 40-48 МГц, приемник радиостанции был выполнен по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты ($ПЧ1 = 4.3$ МГц, $ПЧ2 = 2.515$ МГц) и обеспечивал чувствительность 4.5 мкВ. Мощность передатчика была не менее 300 мВт [3].



Рисунок 7.

В 1949 году под руководством Д. Нобла было организовано исследовательское подразделение по полупроводниковым приборам в г. Феникс (штат Аризона). Значимым коммерческим результатом деятельности этого подразделения стало представление в 1955 году мощных Р-Н-Р германиевых транзисторов 2N176 (Рисунок 7). Прибор был выполнен в металлическом корпусе ТО-3, получившим в дальнейшем повсеместное признание и нашел широкое применение в выходных каскадах УЗЧ автомобильных приемников (к январю 1957 года был выпущен первый миллион транзисторов). В 1965 году компания разработала технологию производства транзисторов в пластиковых корпусах, ставшей впоследствии мировым промышленным стандартом. В ознаменование заслуг Д. Нобла институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике ИИЭР (IEEE) в 2000 году учредил специальную премию, с 2012 года переименованную в «IEEE Daniel E. Noble Award», присуждаемую за вклад в развитие технологий.

В «досотовую» эпоху значительное распространение получили системы персональной связи, портативные приемники для которой получили название «пейджеры» после выпуска в 1956 году компанией Motorola первого коммерческого транзисторного пейджера «Handie-Talkie» (Рисунок 8), предназначенного для применения в больницах, отелях и промышленных предприятиях.

В конце 50-годов Motorola уверено вступила в космическую эпоху, поставив оборудова-

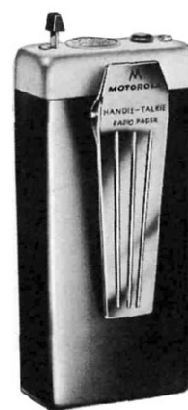


Рисунок 8.

ние для обеспечения радиосвязи с первым американским спутником Explore I (1958 г). С тех пор сотрудничество «компании» с НАСА успешно продолжалось. В 1969 году первые слова, произнесенные человеком на Луне, были переданы с помощью транспондера Motorola, установленного на лунном модуле космического корабля Аполлон 11. С космических кораблей передавались голосовые сообщения, телеметрия и телевизионные изображения. Аппаратура «компании» успешно функционировала на космических аппаратах, отправленных к Марсу, Венере, Меркурию, кораблях Аполлон и на земных станциях управления полетами. На Рисунке 9 показано фото 1970 года из архива НАСА – космонавт корабля Аполлон 15 Джеймс Ирвин у «лунного ровера» с телекоммуникационным оборудованием Motorola на поверхности Луны, на заднем плане за линией горизонта видна вершина горы Хэдли высотой около 4 км.

В 1973 году Motorola продемонстрировала прототип сотовой системы связи DynaTAC (Dynamic Adaptive Total Area Coverage), а 40 лет назад – 3 апреля 1973 года – разработчик первого сотового телефона Motorola Мартин



Рисунок 9.



Рисунок 10.

Купер сделал первый в мире публичный звонок с прототипа мобильного телефона, из-за своих размеров получившего название «кирпич» (на Рисунке 10 Мартин Купер с «кирпичем» на Computex 2007). Однако первый в мире коммерческий мобильный телефон Motorola DynaTAC весом 794 грамма был выпущен только спустя 10 лет – в 1983 году, но уже в 1989 году компания выпустила самый маленький и легкий (350 г) на то время мобильный телефон MicroTAC 9800x (Рисунок 11), помещавшийся в карман рубашки и вызвавший широкий отклик в прессе. Впоследствии Motorola выпустила более трех десятков моделей сотовых телефонов с маркой MicroTAC.



Рисунок 11.

Значительное снижение габаритов и веса (88 г) было достигнуто в сотовых телефонах серии StarTAC, представленных компанией в 1996 году. Всего было выпущено порядка 60 миллионов экземпляров и десятки моделей мобильных телефонов этой серии. В 2010 году французская компания Lekki выпустила реконструированную популярную «раскладушку» StarTAC и продавала ее по 150 долл. (Рису-



Рисунок 12.

нок 12). В 1999 году Motorola выпустила первый в мире интеллектуальный гаджет iDEN i1000plus (Рисунок 13), объединяющий цифровой сотовый телефон, двустороннюю радиостанцию (двусторонняя связь между однотипными гаджетами), пейджер, интернет браузер, электронную почту, факс и двусторонний обмен сообщениями.



Рисунок 13.

В 2003 году впервые в мире компания представила мобильный гаджет A760 (Рисунок 14) на основе ОС Linux и технологии Java с функциями персонального цифрового



Рисунок 14.



Рисунок 15.

помощника (PDA), видеокамерой, видеоплеером, MP3 плеером, доступом в Интернет и другими функциями. Ключевой особенностью четырехдиапазонного GSM-телефона RAZR V3 (флагманская модель 2004 года, Рисунок 15) стал его дизайн, аппарат имел сверхтонкий профиль и клавиатуру, изготовленную из металлической пластины с люминесцентной подсветкой, обилие металла создавало впечатление электробритвы (RAZR)

«Компания» внесла важный вклад в разработку различных систем беспроводной передачи голосовых сообщений, данных и мультимедиа, в том числе:

- В 1977 году Федеральная Комиссия Связи (ФКС/FCC) сертифицировала систему сотовой связи Motorola DynaTAC в столичном регионе США. (Запущена в коммерческую эксплуатацию в 1983 году).
- В 1991 году в Ганновере Motorola продемонстрировала первую в мире действующую систему сотовой связи стандарта GSM.
- В 2000 году Motorola совместно с Cisco System запустила в коммерческую эксплуатацию первую в мире систему пакетной радиосвязи общего пользования (GPRS).
- В 2002 году Motorola обеспечила запуск в коммерческую эксплуатацию первой общенациональной беспроводной сети 3G одного из крупнейших операторов Японии (KDDI) на основе технологии CDMA1X.
- В 2007 году в Чикаго Motorola продемонстрировала работу первого в мире мобильного терминала для сетей WiMAX 802.16e.
- В 2008 году из лаборатории Motorola была проведена первая в мире сессия обмена



Рисунок 16.

данными с мобильным пунктом в штате Иллинойс по стандарту LTE диапазона 700 МГц.

Производство домашней радиоаппаратуры Galvin Manufacturing начала в 1937 году с выпуска линейки радиоприемников и радиол. В 1947 году начато массовое производство телевизоров, к важному достижению компании относится и выпуск в 1963 году на совместном с фирмой National Video Corporation предприятии первого в мире телевизионного кинескопа с большим прямоугольным экраном (Рисунок 16). В 1967 году начато производство телевизоров и других потребительских товаров под торговой маркой «Quasar», получившей широкое распространение в Северной Америке, однако в 1974 году телевизионный бизнес Motorola был продан компании Matsushita Electronics (Panasonic), продолжившей продажи продукции под маркой «Quasar». В середине 1980-х годов автор занимался переделкой «видеодвойки» «Quasar» системы НТСЦ (Рисунок 17), привезенной из США, для работы в системах ПАЛ/СЕКАМ. Электронная начинка этой «видеодвойки» была уже полностью японского происхождения.



Рисунок 17.

После приобретения в конце 1980-х годов компании General Instrument Corporation был разработан первый в мире цифровой телевизионный стандарт телевидения высокой четкости (1050 строк вместо 525), обеспечивающий передачу HDTV в полосе одного МВ или ДМВ канала. А в 1990 году был выпущен HDTV тюнер DigiCipher, обеспечивающий прием HDTV сигналов по этому стандарту.

Значительный объем исследований и разработок был проведен в полупроводниковых

подразделениях «компаний». К числу значимых достижений относятся:

- Первый 8-разрядный микропроцессор MC6800 Motorola был представлен в 1974 году (Рисунки 18а, 18б). Проект первого



Рисунок 18а.

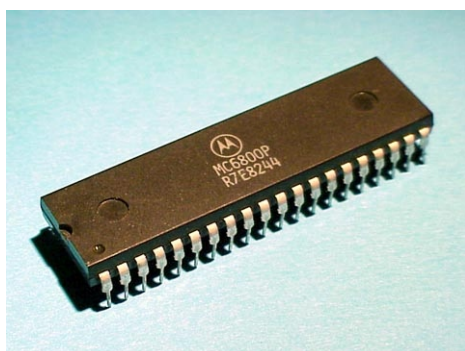


Рисунок 18б.

МП Motorola был начат в 1971 году группой из 20-ти молодых инженеров в подразделении компании в г. Меса (штат Аризона). Идеологом разработки был Том Беннет, имевший опыт разработки промышленных систем управления, в том числе первого электронного калькулятора на МОП ИС. Выполненный в корпусе DIP-40 по технологии 6 мкм МП MC6800 работал на тактовой частоте до 2 МГц, его система команд состояла из 78 операций. Первым персональным компьютером на базе



Рисунок 19.

MC6800 был SWTPC6800 компании Southwest Technical Product Corporation (Рисунок 19), выпущенный в конце 1975 года через несколько месяцев после представления первого коммерчески успешного ПК Altair 8800 компании MITS на процессоре Intel 8080. Кроме Motorola МП MC6800 выпускали компании Fairchild, Thomson и AMI (American Microelectronics Inc). Для использования совместно с MC6800 был разработан ряд периферийных микросхем, в том числе ПЗУ, ОЗУ, таймеры и интерфейсы (все микросхемы ряда MC68xx). На основе архитектуры MC6800 были разработаны и современные микроконтроллеры Freescale 68HC08, 68HC11, 68HC12.

- Через 10 лет после MC6800 Motorola разработала первый в мире полностью 32-разрядный микропроцессор MC68020, содержащий более 200000 транзисторов (см. Рисунок 20а, на Рисунке 20б «ширпотребовский» вариант MC68EC020). Производительность этого МП на максимальной

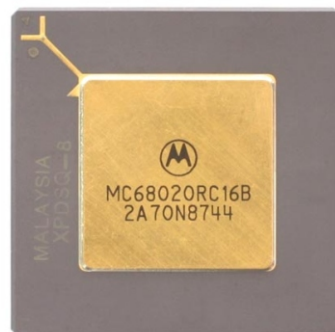


Рисунок 20а.



Рисунок 20б.

тактовой частоте 33 МГц достигала 5.36 MIPS при потребляемой мощности 1.75 Вт (Uпит=5 В). MC68020 использовался в ПК Apple Macintosh II, Macintosh LC, в рабочих станциях SUN, анализаторах сетей Hewlett-Packard.

- В 1995 году представлен микропроцессор MC68328 DragonBall, разработанный Гонконгской командой «компаний» и широко применявшийся в наладонных компьютерах на платформе Palm Computing и в изделиях потребительской электроники, таких как портативные видеоигры и PDA. Этот полноценный однокристальный компьютер, выпускался в нескольких исполнениях (на Рисунке 21 показан MC68VZ328) и содержал множество встроенных функций, таких как контроллер цветного дисплея, управление звуком ПК, часы реального времени, интерфейс UART и ряд других. Название DragonBall применяется и для современных МК Freescale (DragonBall MX/iMX на ядрах ARM9, ARM11).

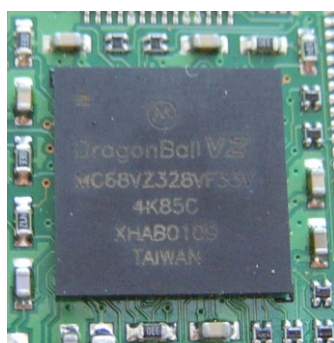


Рисунок 21.

Часть полупроводникового подразделения Motorola в 1999 году была выделена в отдельную компанию ON Semiconductor, расположенную в г. Феникс, в продуктовый портфель которой отошли дискретные полупроводниковые приборы, стандартные аналоговые и логические микросхемы. Новая компания сразу стала быстро развиваться и, в свою очередь, произвела ряд приобретений. В 2000-году в состав «ON» вошла Cherry Semiconductor, добавив в ассортимент продуктов аналоговые микросхемы и приборы для силовой и автомобильной электроники, что позволило получить таких новых заказчиков, как Chrysler, Ford и General Motors. Затем последовал целый ряд приобретений, в том

числе, LSI Logic (2006 г., БИС), AMI Semiconductor (2008 г., компоненты для аэрокосмических и медицинских приложений), California Micro Device, Sound Design Technologies (2010 г.), Sanyo Semiconductor (2011 г.). В настоящее время ON Semiconductor вошла в число ведущих полупроводниковых компаний мира (20,000 сотрудников в различных странах), ее продукция хорошо известна в России.

Оставшиеся полупроводниковые подразделения Motorola в 2004 году были выделены в отдельную компанию Freescale Semiconductor расположенную в г. Остин (штат Техас). В продуктивном портфеле новой компании 2013 года представлена широкая номенклатура микроконтроллеров, процессоров, цифровых сигнальных процессоров, аналоговых микросхем, микросхем управления питанием, ВЧ микросхем, сенсоров, а также программное обеспечение и инструменты разработки.

В настоящее время запатентованная торговая марка, логотип Motorola и значительная часть интеллектуальной собственности принадлежит компании Motorola Solutions. Обширная номенклатура продуктов компании в 2013 году представлена в следующих категориях:

- Устройства – мобильные и планшетные компьютеры, коммерческие и потребительские радиостанции, сканеры штрих кодов, RFID и микрокиоски;
- Сети – беспроводные сети ШПД и ЛВС;
- Системы – SCADA, TETRA, ASTRO 25;
- Аксессуары – для RFID, радиостанций, беспроводных локальных сетей, планшетных ПК, сетей ШПД, микрокиосков и сканеров штрихкодов;
- Программное обеспечение – для беспроводных локальных сетей и их проектирования, обеспечение мобильности персонала. **РЛ**

Литература

1. <http://www.motorolasolutions.com/US-EN/About/Company+Overview/History/Annual+Report+Archive>
2. <http://www.sproe.com/r/radio-scr536.html>
3. <http://www.repeater-builder.com/motorola/pdfs/scr300.pdf>

Простой перестраиваемый фильтр нижних частот

Bonnie Baker

EDN

Среди фильтров, используемых в системах сбора данных, наиболее распространены фильтры нижних частот. Чаще всего они используются для уменьшения ошибок, вызываемых наложением спектров при аналого-цифровом преобразовании. Параметры этих фильтров должны быть достаточно жестко увязаны с характеристиками входных сигналов. Если в схеме есть входной мультиплексор, через который на вход АЦП поступают сигналы от разных источников, то каждому сигналу, скорее всего, потребуется свой набор параметров фильтра. Следовательно, на каждом входе, возможно, придется ставить отдельный фильтр с индивидуальной настройкой частоты среза. В подобных фильтрах используются независимые операционные усилители в комбинации с постоянными резисторами и конденсаторами.

Для показанной на Рисунке 1 альтернативной схемы требуется единственный программируемый фильтр, расположенный после

мультиплексора. Очевидным преимуществом такой схемы является сокращение количества операционных усилителей до одного. Кроме того, и цена схемы, в которой несколько усилителей заменены единственным, будет меньше. Имея сдвоенный цифровой потенциометр (ЦП), два конденсатора и один операционный усилитель, вы можете сделать фильтр Баттерворта второго порядка, частота среза которого перестраивается в диапазоне 1:100. Настройки цифровых потенциометров для всех частот диапазона показаны в Таблице 1.

Эта схема позволяет программировать фильтры Бесселя или Чебышева второго порядка с частотой среза, программируемой в диапазоне 1:100. Кроме того, с этой же схемой вы можете реализовать комбинацию фильтров Баттерворта, Бесселя и Чебышева с диапазоном частот среза 1:10.

На Рисунке 1 изображена структурная схема фильтра нижних частот Саллена-Кея

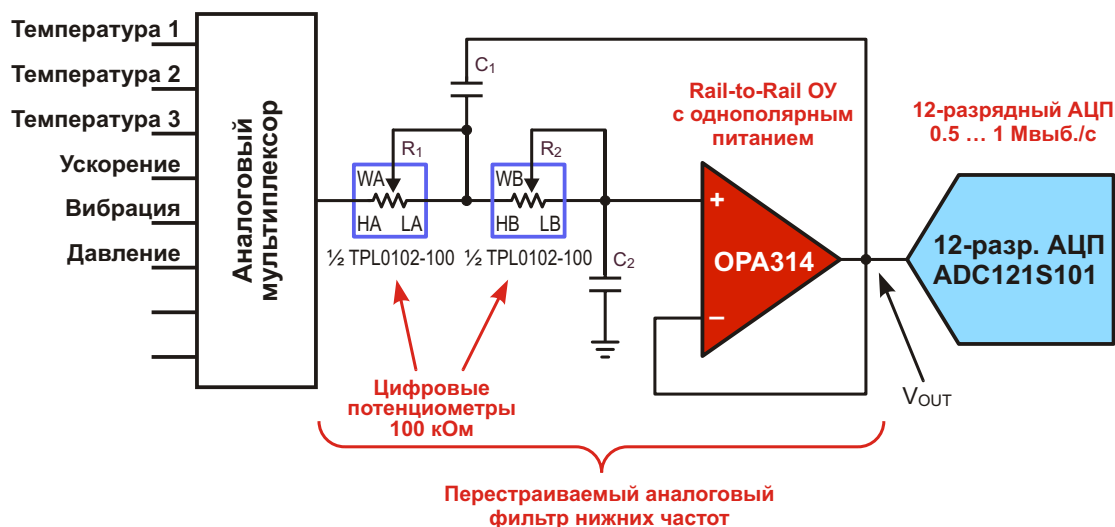


Рисунок 1. Для этого аналогового фильтра второго порядка требуется совсем немного компонентов: сдвоенный цифровой потенциометр, два конденсатора и один операционный усилитель.

второго порядка с единичным усилением и однополярным питанием. Активным элементом фильтра является rail-to-rail операционный усилитель OPA314. Кроме усилителя для фильтра требуются два конденсатора и два резистора, функцию которых выполняет микросхема TPL0102-100, содержащая два 8-битных цифровых потенциометра сопротивлением 100 кОм. Перепрограммирование цифрового потенциометра изменяет частоту среза и параметры аппроксимации (фильтр Баттерворта, Бесселя или Чебышева) фильтра нижних частот второго порядка.

Требуемые номиналы резисторов и конденсаторов после небольшого исследования вы можете рассчитать с помощью остро заточенного карандаша и хорошего ластика. Альтернативой этому утомительному упражнению в конструировании может быть предлагаемое TI средство онлайн проектирования фильтров WEBENCH Filter Designer.

В окне ввода (Рисунок 2) нажмите радиокнопку «Lowpass» (фильтр нижних частот) и задайте параметры фильтра: $A_o = 1$ V/V, $f_c = 100$, $f_s = 1000$, $A_{sb} = -35$ dB. Эти параметры

будут соответствовать фильтру Баттерворта второго порядка. На этом этапе из списка *Supply Voltage* вы также можете выбрать требуемое напряжение питания. Затем нажмите зеленую кнопку «Start Filter Design» («Начать конструирование фильтра»).

На следующей странице вам предложат оформленный в виде таблицы список возможных вариантов фильтров. Выберите **Butterworth**, нажав кнопку «Select» в соответствующей строке таблицы.

Итоговая третья страница проекта «Filter Designer Design Summary» дает пользователю возможность скорректировать первоначально предложенные номиналы конденсаторов C1 и C2. Предназначенная для этого секция расположена с левой стороны и называется «Filter Topology Specifications». Измените начальные значения емкостей на 15 e-9 (15 нФ) и нажмите кнопку «Update». Программа произведет соответствующие изменения сопротивлений резисторов.

Чтобы заполнить Таблицу 1, вернитесь на первую страницу и повторите описанную

FILTER DESIGNER REQUIREMENTS

Power LED LED Architect Power Architect FPGA/μP HotSwap Simple Switcher Filters

Filter Type

☒ Lowpass
☐ Highpass
☐ Bandpass
☐ Bandstop

Click to design with default Filter Order and default Filter Response.

Start Filter Design

Attenuation

Cutoff Frequency(f_c): 1000 Hz
Gain(A_o): 1 V/V 0.00 dB

☒ Search Filter Response ☐ Pick Filter Response

Stopband

Stopband Attenuation(A_{sb}): -45 dB
Stopband Frequency(f_s): 5000 Hz

Supply Voltage

☒ Dual Supply ☐ Single Supply
Supply Voltage: +/-5

☐ Enter Flatness Specs
☐ Enter Group Delay Flatness Specs
☐ Enter Step Response Specs

Start Filter Design

The graph shows the filter response with markers for f_{1P} , f_{2P} , f_c , and f_z . The response is flat at 0dB until f_c , then drops to -3dB at f_z . The stopband attenuation is A_{sb} at f_s . The passband ripple is $2\Delta A_{MAX}$.

Рисунок 2. Окно ввода исходных параметров программы WEBENCH Filter Designer.

Таблица 1. Коды программирования цифровых потенциометров для фильтра Баттерворта в диапазоне частот среза от 100 Гц до 10 кГц ($C1 = 33 \text{ нФ}$, $C2 = 15 \text{ нФ}$).

Частота среза	Вычисленное значение R1 ($\pm 1\%$)	Ближайшее номинальное значение сопротивления ЦП R1	Десятичный код ЦП R1	Вычисленное значение R2 ($\pm 1\%$)	Ближайшее номинальное значение сопротивления ЦП R2	Десятичный код ЦП R2
100 Гц	52.3 кОм	52.3 кОм	134	97.6 кОм	97.7 кОм	250
200 Гц	26.1 кОм	26.2 кОм	67	48.7 кОм	48.8 кОм	125
300 Гц	16.9 кОм	16.8 кОм	43	32.4 кОм	32.4 кОм	83
1 кГц	5.23 кОм	5.11 кОм	13	9.76 кОм	9.77 кОм	25
2 кГц	2.61 кОм	2.7 кОм	7	4.87 кОм	4.69 кОм	12
3 кГц	1.69 кОм	1.56 кОм	4	3.24 кОм	3.13 кОм	8
10 кГц	523 Ом	390 Ом	1	976 Ом	781 Ом	2

выше последовательность действий. При этом не забывайте, что частота **fs** должна быть в десять раз больше, чем **fc**.

В этой небольшой статье вы познакомились с технологией быстрой разработки пере-

страиваемого аналогового фильтра. Это лишь один из подходов к построению программируемых аналоговых фильтров. Возможно, вам известны другие способы решения этой задачи. Поделитесь ими. **РЛ**

Новые средства оценки потерь мощности и анализа КПД силовых приводов в программе Power Supply WebDesigner

Модули обеспечивают оптимальную комбинацию расчетных параметров мощных дискретных полупроводниковых элементов, трансформаторов и катушек

Компания Fairchild Semiconductor расширила возможности Power Supply WebDesigner (PSW) – онлайн-инструмента разработки и симуляции, позволяющего создать законченную схему менее чем за минуту. Теперь в программу добавлены средства оценки потерь мощности и анализа КПД силовых приводов на основе дискретных MOSFET, IGBT и выпрямительных диодов.



Предназначенные для разработки устройств мощностью от 100 Вт до 3 кВт новые модули, исходя из введенных пользователем входных и выходных параметров, могут проанализировать схему корректора коэффициента мощности (ККМ) или управляемого по вторичной стороне сдвигом фазы полного моста с дополнительным синхронным выпрямителем (PSFB+SR), а также матрицу подобранных для этих топологий комбинаций компонентов.

Основываясь на задаваемых пользователем механических и электрических парамет-

рах, новые модули предлагают разработчику оптимальную комбинацию рабочих характеристик силовых дискретных полупроводников, трансформаторов и катушек индуктивности, а также перечень элементов (ПЭ). Также имеется панель просмотра потерь мощности элемента и системы в целом, температуры р-п перехода элемента и дополнительный тонкой настройки компонента под конкретный рабочий режим.

Так же, как и при работе с модулями PSW, выпущенными ранее, разработчики, использующие новые инструменты, могут воспользоваться рекомендованными настройками по умолчанию или потратить некоторое время на оптимизацию важных деталей под уникальные требования своего проекта. Они могут получить быстрые и точные оценки параметров их разработки и на ходу улучшить проектные решения. Программа также позволяет выполнить детальное моделирование и в подробностях изучить поведение прототипа будущей схемы.

Средства проектирования дискретных силовых цепей состоят из модуля расчета PSFB+SR и модуля расчета ККМ. Это простые в использовании мощные средства онлайн симуляции, предоставляющие разработчикам:

- Оптимизированный инструмент, работающий с наиболее популярными на рынке микросхемами управления PSFB+SR (UCC28950 и UCC3895).
- Полную разработку силовых приводов на дискретных компонентах, включая подбор

PFC Design

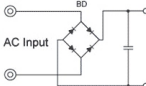
Loss Tool Design Steps

1. Design Requirements
 - 1a. AC Input
 - 1b. DC Output
 - 1c. Operating Conditions
2. Maximum Junction Temperature and Voltage Derating
3. Semiconductor Selections
 - 2a. Switch Type
 - 2b. Boost Diode
 - 2c. Bridge Diode

Step 1: Design Requirements

1a. AC Input

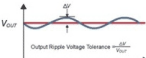
Min AC Line Voltage (RMS)	85.0	V
Max AC Line Voltage (RMS)	265.0	V
Min Line Frequency	50.0	Hz



AC Input

1b. DC Output

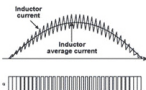
DC Output Voltage	400.0	V
Output Ripple Voltage Tolerance	10.0	% Default
PFC Output Power	400.0	W Default
PFC Output Current	1.0	A



1c. Operating Conditions

PFC Operating Mode ☒ Continuous Conduction Mode (CCM)
Boundary Conduction Mode (BCM)

PFC Switching Frequency	100.0	KHz	Recommended
Expected PFC Efficiency	95.0	%	Recommended
Boost Inductor Inductance	938.27	µH	Recommended
Boost Inductor Resistance	100.0	mΩ	



Страница конструирования ККМ

оптимальных MOSFET, IGBT и выпрямителей, производимых Fairchild. Пользователи могут самостоятельно выбрать наиболее подходящий мостовой выпрямитель, MOSFET/IGBT транзистор или мощный диод, или же довериться выбору программы, основанному на заданных параметрах системы.

- Проектирование, ориентированное на силовые приводы с KKM и PSFB+SR.

PSFB+SR Design | Summary

Loss Tool Design Steps

1. Design Requirements
 - 1a. DC Input
 - 1b. DC Output
 - 1c. Operating Conditions
 - 1d. Transformer and Output Inductor
 - 1e. Primary MOSFET Maximum Junction Temperature and Voltage Derating
 - 1f. Secondary MOSFET Maximum Junction Temperature and Voltage Derating
2. Semiconductor Selections
 - 2a. Primary MOSFET
 - 2b. Secondary MOSFET
 - 2c. Primary Resonant Inductor

Step 2: Semiconductor Selections

Outputs

V_{ds}=370.0 V
T_j=77.5 °C
P_{sw}=1.0 W
V_{out}=12.0 V
P_{bo}=300.0 W
Temperatures: 128.6 °C, 85.0 °C

Efficiency = 93.9 %

Output	Power Loss (W)	Conduction	Primary Turn-on	Secondary diode conduction	Primary Turn-off	Secondary reverse recovery	Gates
Inductor	~0.1						
Transformer	~1.5						
Secondary Switch	~4.5						
Diode	~1.5						
Gate	~0.1						

Power Loss (W)

Vin 370.0 V Min Max Output Power 300.0 W Min Max

Страница конструирования PSFB+SR и рас-
чета потерь в основных элементах

- Анализ силовых цепей, учитывающий потери в мощных дискретных компонентах для достижения высочайшего уровня относительной точности, недостижимой при расчетах, основанных только на уравнениях.
- Возможность сравнения различных комбинаций силовых дискретных компонентов в рамках одной расчетной процедуры. Модуль отдает предпочтение линейкам MOSFET и IGBT продуктов Fairchild, включающим транзисторы SuperFET MOSFET, SuperFET II MOSFET, SupreMOS MOSFET, PowerTrench MOSFET и Field Stop IGBT.

- Дополнительную опцию использования рекомендаций программы по точному подбору силовых дискретных компонентов, автоматизирующую утомительные процедуры многократных проб и ошибок и сохраняющую бесценное время.
- Визуальное представление потерь мощности и КПД на уровне основных компонентов и системы в целом при различных характеристиках сети питания и нагрузки, позволяющее разработчику пошагово возвращаться к предыдущим этапам проектирования для изменения баланса системы и переоценки потерь в компонентах до изготовления прототипа.

PFC Design

Summary

MOSFET & IGBT Distributors

Farnchild Semiconductor

Summary: BOM and Report

[Download BOM and Report to PDF](#)

BOM

[Download BOM to Excel](#)

REF	QTY	PART NUMBER	MANUFACTURER	DESCRIPTION	BUY/SAMPLE
Q	1	FCP1080N	Farnchild Semiconductor	N-Channel SuperMOS [®] MOSFET 600V, 1A, 199mΩ	Buy Sample
BD1	1	DFB2805	Farnchild Semiconductor	Glass Passivated Bridge Rectifiers	Buy Sample
D	1	FPF0850S	Farnchild Semiconductor	5A, 600V STEALTH™ i-Diode	Buy Sample

Report

[Min AC line Voltage & Full Power](#)

[Max AC line Voltage & Full Power](#)

PFC Efficiency vs Power Loss

Legend: Conduction (blue), Turn-off (orange), Diode (green), Switch Loss (purple)

Component	Conduction (W)	Turn-off (W)	Diode (W)	Switch Loss (W)	Total (W)
Inductor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bridge Diode	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Boost Diode	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Switch Loss	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diode	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Итоговая страница с перечнем компонентов

Новые модули экономят время, затрачиваемое разработчиками на оценку различных комбинаций. Вместо того чтобы тратить среднестатистическую неделю на лабораторные исследования каждого варианта, PSW может промоделировать каждый вариант быстро и точно – типичная разница между результатами работы инструмента и результатами измерений реального устройства составляет порядка 2% во всем диапазоне нагрузок и входных напряжений.

По завершении разработки PSW создает перечень элементов, который может быть отправлен в отдел снабжения или использован для немедленного приобретения в режиме онлайн, экономя время на оформление документов и поиск иных поставщиков компонентов. Кроме того, разработчики могут сохранить свой проект для дальнейшего использования или направить его другим членам команды.

Power Supply WebDesigner предлагает комплект экономящих время инструментов для разработки и оптимизации систем и сило-

вых цепей. Интерфейс онлайн инструмента за считанные минуты последовательно проводит пользователя от устройства к системному анализу и симуляции. В инструменты встроены модели, средства вычислений и стратегии итераций для разработки источни-

ков питания. Независимо от уровня подготовки пользователя, инструментарий повысит не только производительность и эффективность разработки, но, что немаловажно, и степень уверенности в работоспособности созданного устройства. **РЛ**

Безусловно устойчивый линейный стабилизатор напряжения

Steve Sandler

Power Electronics

Возможно ли создать безусловно устойчивый линейный стабилизатор напряжения? В самом деле, многие верят, что большинство микросхем стабилизаторов безусловно устойчивы. Ответ одновременно прост и сложен, если он вообще может быть тем или другим.

Недавно мы установили зависимость запаса устойчивости линейного стабилизатора по фазе от его выходного импеданса. Выходной импеданс был описан в терминах пассивной цепи, состоящий из последовательного соединения индуктивности и резистора, иногда также включающей параллельное сопротивление. Запас по фазе вычислялся через его взаимосвязь с добротностью Q этой цепи с учетом выходного конденсатора, включая его паразитное эквивалентное последовательное сопротивление (ESR).

Понимание этой взаимосвязи приводит нас к определению очевидного критерия устойчивости: в схемах стабилизаторов не должно быть выходных конденсаторов. В связи с этим, простым, на первый взгляд, решением возникает ряд вопросов. Например, как обеспечить развязку высокоскоростных интегральных схем или операционных усилителей, подключенных к стабилизатору?

Добротность эквивалентной схемы стабилизатора определяется как

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R},$$

где:

L – эффективная индуктивность стабилизатора,

C – выходная емкость,

R – общее последовательное сопротивление схемы.

С учетом сопротивления стабилизатора и ESR конденсатора мы можем увидеть несколько иных возможных решений. Схема может быть безусловно стабильной

- если сопротивление цепи R бесконечно;
- если действующая индуктивность стремится к нулю;
- если емкость бесконечна (в предположении, что сопротивление отлично от нуля).

Итак, три параметра предлагают нам три решения. Теперь анализ несколько усложняется.

Очевидно, что сделать сопротивление бесконечным невозможно, так как при этом выходной ток стал бы нулевым. Впрочем, точно также, схема не может иметь бесконечную емкость или нулевую индуктивность.

В простейшем случае стабилизатор напряжения представляет собой включенный эмиттерным повторителем одиночный проходной транзистор, который управляется операционным усилителем, сравнивающим выходное напряжение с фиксированным опорным напряжением. Динамическое сопротивление этого транзистора равно

$$R_D = \frac{26 \text{ мВ}}{I_E},$$

где:

I_E – выходной ток.

Из формулы видно, что сопротивление транзистора зависит от выходного тока. Прев-

ращение сопротивления в индуктивность является следствием однополюсной передаточной функции усилителя. Оценить импеданс стабилизатора с замкнутым контуром обратной связи можно, используя следующее соотношение:

$$Z_{CL} = \frac{Z_{OL}}{1 - T},$$

где:

Z_{CL} – импеданс с замкнутым контуром обратной связи,

Z_{OL} – импеданс с разомкнутым контуром обратной связи,

T – векторный коэффициент усиления цепи обратной связи.

Если T является однополюсной передаточной функцией, тогда форму выходного импеданса мы можем оценить выражением

$$Z_{CL} = \frac{R_D}{1 - \frac{k}{(s - a)}}$$

где:

k – коэффициент усиления контура на низкой частоте,

a – частота первого полюса АЧХ операционного усилителя.

Для усиления, превышающего единичное, это выражение можно упростить следующим образом:

$$Z_{CL} \approx R_D \frac{(s - a)}{k}.$$

Поскольку s стоит в числителе, становится очевидно, что на частотах выше a сопротивление R_D трансформируется в индуктивность. Мы можем также увидеть, что индуктивность пропорциональна R_D , в то время как R_D обратно пропорционально I_{OUT} . Таким образом, индуктивность уменьшается как при увеличении частоты, так и при увеличении тока нагрузки.

Это подводит нас к одному из возможных способов построения стабилизатора с нулевой индуктивностью – создать петлю, имеющую бесконечную добротность, то есть, бесконечное произведение коэффициента уси-

ления на ширину полосы пропускания. При бесконечной полосе пропускания стабилизатор имел бы очень низкий импеданс в широком диапазоне частот, и для обеспечения устойчивости было бы достаточно развязывающих конденсаторов малых номиналов и очень небольших сопротивлений последовательных резисторов.

Достижимо ли на практике создание стабилизатора с бесконечной или с близкой к ней полосой пропускания? Многие современные высокоскоростные операционные усилители имеют низкий уровень шума и очень широкую полосу пропускания, оставаясь устойчивыми при единичном усилении. Это экстремальное, на первый взгляд, решение в действительности далеко от непрактичности.

Широкая полоса пропускания

Следующий пример, показанный на Рисунке 1, демонстрирует характеристики специально разработанного стабилизатора с полосой пропускания порядка 300 МГц. Конечно, 300 МГц – это не бесконечность, но по нынешним стандартам, безусловно, достаточно большое значение для полосы пропускания. Разумеется, можно воспользоваться операционными усилителями и транзисторами с гигагерцовым рабочим диапазоном, чтобы получить более широкую полосу пропускания, но на таких высоких частотах усложняется топология печатной платы и становится более непредсказуемым воздействие вторичных факторов на стабильность схемы.



Рисунок 1. Тестовая установка на базе токового инжектора Picotest J2111A для измерения выходного импеданса стабилизатора с полосой пропускания 300 МГц.

В предложенном широкополосном решении альтернативой конденсаторам большой емкости становятся ВЧ и СВЧ полупроводниковые компоненты. И хотя кремниевые элементы могут быть более дорогими, уменьшение номиналов или полное исключение конденсаторов улучшает плотность физической компоновки, а также повышает надежность и стабильность. Кроме того, там, где необходимо, в схеме можно использовать развязывающие конденсаторы и оптимизировать уровень стабильности в обмен на ESR или сопротивление последовательных резисторов [1].

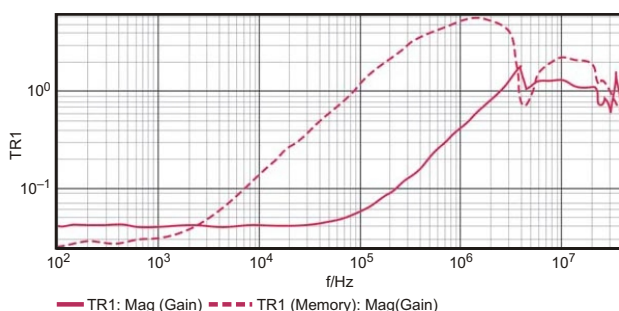


Рисунок 2. Результаты измерений импеданса при выходном токе 25 мА для LM317 (пунктирная линия) и для широкополосного стабилизатора (сплошная линия).

Выходной импеданс регулятора в нашем примере измерялся с помощью многофункционального прибора Vode 100 производства OMICRON-Lab и токового инжектора Picotest J2111A. Результаты сравнения со стандартным стабилизатором LM317 показаны на Рисунке 2. Для обоих измерений использовалась одна и та же тестовая установка, основанная на плате расширения и наборе Picotest VRTS (Voltage Regulator Test Standard) без выходного конденсатора. Нагрузка стабилизатора по постоянному току величиной 25 мА имитировалась инжектором J2111A.

Получившийся выходной импеданс нашего широкополосного стабилизатора приблизительно в 50 раз меньше импеданса стабилизатора LM317. Эффективная выходная индуктивность при выходном токе в 25 мА равна примерно 70 нГн. При использовании в этой схеме конденсатора емкостью 0.1 мкФ величина пикового выходного импеданса составит примерно 1 Ом и будет очень стабильной при общем последовательном сопротивлении более 1 Ом. С керамическим

конденсатором 1 мкФ можно получить пиковый выходной импеданс 0.1 Ом и высокую стабильность характеристик для всех значений последовательного сопротивления более 0.1 Ом. Заметим, что для питания типичной ПЛИС обычно требуется пиковый импеданс источника менее 100 мОм, для чего будет достаточно конденсаторов очень небольшой емкости.

Рисунок 3 демонстрирует высокую скорость реакции на небольшое изменение сигнала. Параметры импульсной токовой нагрузки, которая вновь имитировалась с помощью J2111A, были следующими:

- импульс тока 500 мА,
- длительность 200 нс,
- время нарастания и спада 20 нс,
- частота повторения 1.2 МГц.

Для одновременного отображения временных диаграмм и спектра импульсов тока нагрузки использовался комбинированный осциллограф MDO4104-6. На спектральной диаграмме видно, что гармоники тока уходят за пределы полосы 50 МГц, в то время как осциллограмма показывает хорошее время отклика.



Рисунок 3. Отклик широкополосного стабилизатора на ступенчатое изменение нагрузки при быстром скачке тока в 10 мА (осциллограф Tektronix MDO4000). Выходные конденсаторы при этих измерениях отсутствуют. Скачок нагрузки имитируется токовым инжектором, который виртуально практически не добавляет емкости к нагрузке. Представленные голубым цветом импульсы имеют амплитуду 500 мА и длительность 200 нс при частоте 1.2 МГц. На нижней диаграмме видны гармоники спектра тока, уходящие за пределы полосы 50 МГц.

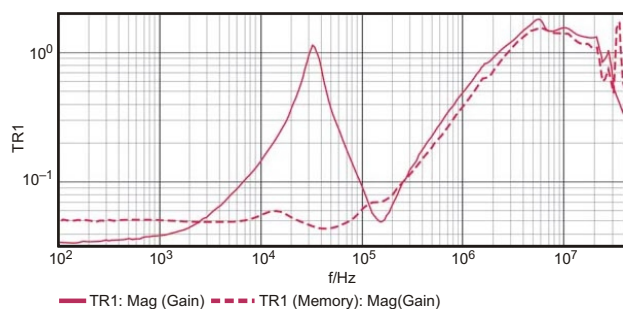


Рисунок 4. Частотная зависимость выходного импеданса стабилизатора с полосой пропускания 300 МГц (пунктирная линия) и стабилизатора LM317 (сплошная линия). На выходе обоих стабилизаторов керамический конденсатор 10 мкФ. На частотах выше 200 кГц преобладает импеданс печатных проводников.

Рисунок 4 позволяет сопоставить характеристики LM317 и предложенного широкополосного стабилизатора, оба их которых имеют на выходе конденсаторы емкостью 10 мкФ с диэлектриком X7R. Заметим, что большой выходной импеданс LM317 объясняется высокой добротностью, которая, в

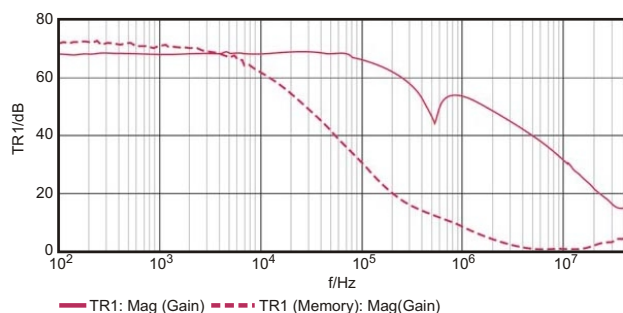


Рисунок 5. Коэффициент подавления пульсаций питания стабилизатора с полосой пропускания 300 МГц (сплошная линия) и стабилизатора LM317 (пунктирная линия).

свою очередь, обусловлена низкой стабильностью схемы, в то время как импеданс широкополосного стабилизатора остается низким. Также следует отметить, что на частотах выше 200 кГц преобладающий вклад в импеданс начинает вносить индуктивность печатных проводников, составляющая примерно 65 нГн.

На Рисунке 5 сравниваются коэффициенты подавления пульсаций питания (КППП) LM317 и предложенного стабилизатора без выходного конденсатора. Провал на частоте 500 кГц в характеристике широкополосного стабилизатора обусловлен резонансом цепи опорного напряжения и без особых усилий может быть уменьшен. В целом, широкополосный стабилизатор улучшает КППП почти на 40 дБ. Альтернативный операционный усилитель мог бы еще больше улучшить КППП на низких частотах.

Несмотря на то, что цель достижения абсолютной безусловной стабильности неосуществима, предложенная конструкция линейного стабилизатора может обеспечить исключительную стабильность параметров и очень низкий выходной импеданс в широчайшем диапазоне изменений выходных емкостей и токов нагрузки. Во многих слаботочных приложениях стабилизаторы с приведенными здесь характеристиками могут работать вообще без выходного конденсатора. Кроме того, возможность использования намного меньших выходных конденсаторов позволяет сократить размеры стабилизатора. **РЛ**

Ссылки

1. Sandler, Steven, «Simple Method to Determine ESR Requirements for Stable Regulators,» Power Electronics Technology, August 2011.

Часы-осциллограф: время вашей инженерной жизни

Sam Davis

Power Electronics

Описанное как «Самая немодная вещь, которую вы можете носить на запястье», устройство Oscilloscope Watch совмещает в себе функции современных часов (время, календарь, будильник и пр.), осциллографа, генератора сигналов, логического анализатора, анализатора протоколов и частотомера. Прибор был разработан Габриэлем Анзиэни (Gabriel Anzziani), основателем и исполнительным директором небольшой компании Gabotronics, специализирующейся на создании современного, дешевого и малогабаритного измерительного оборудования.

Одним из первых изделий, выпущенных компанией Gabotronics, был ручной осциллограф Xprotolab (Рисунок 1), в дальнейшем послуживший прототипом при разработке

Oscilloscope Watch. В настоящее время проект Watch, первый вариант которого показан на Рисунке 2, полностью финансируется через Kickstarter. Устройство начнет продаваться в 2014 году по цене \$150. Осциллограф Xprotolab сейчас стоит \$98.



Рисунок 2. Прототип Oscilloscope Watch.



Рисунок 1. Ручной осциллограф Xprotolab.

Мозгом устройства служит мощный 8-разрядный микроконтроллер XMEGA. Написать для него собственные приложения на Си или ассемблере не составит труда, поскольку пользователям предоставлен свободный доступ ко всей конструкторской и программной документации. Особое внимание уделялось увеличению продолжительности непрерывной работы аккумулятора. Когда осциллограф не нужен, и аналоговая секция прибора отключена, требуемая периодичность заряда аккумулятора составит 30 дней. При использовании осциллографа аккумулятор прослужит порядка 12 часов. Это предварительные оценки, которые могут измениться, если для уменьшения размеров прибора

будет решено использовать аккумулятор другого типа. Основные режимы прибора проиллюстрированы Рисунком 3.

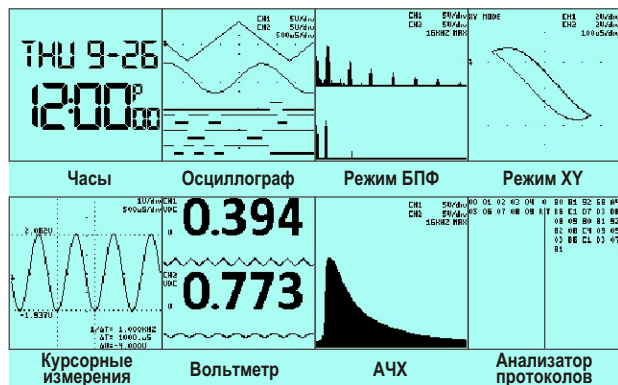


Рисунок 3. Режимы и функции Oscilloscope Watch.

Корпус будет изготавливаться из пластмассы. Хотя, на первый взгляд, прототип выглядит крупным, все же, он не намного больше, чем обычные спортивные часы. Тем не менее, одной из заявленных целей проекта будет уменьшение размеров устройства.

Одним из сложных аспектов проекта являются щупы. Осциллограф, не укомплектованный щупами, не может быть истинно портативным. Проблема может решаться несколькими способами:

1. Носить щупы на брелоке для ключей.
2. Сделать из кабелей щупов браслет.
3. Использовать щупы в качестве часового ремешка.

Первый вариант реализуется проще всего. Возможно, это будет небольшой корпус, или же выдвижной кабель, аналогичный тому, который можно встретить в миниатюрных USB мышах. Варианты 2 и 3 также могут быть рассмотрены в том случае, если к ним проявят интерес спонсоры.

Кроме того, будет разработан подключаемый к 9-контактной вилке специальный адаптер разъема BNC, что позволит использовать стандартные щупы от любого осциллографа.

В оригинальном Xprotolab используется дисплей на основе OLED, которому было отдано предпочтение за высокий контраст и малую инерционность. Однако для устройств с ограниченным ресурсом питания OLED будут не лучшим выбором. В Oscilloscope Watch предполагается устанавливать дисплей 1.28" на основе электронной бумаги, совмещающий высокую скорость регенера-

ции, отличный контраст и очень низкую мощность потребления.

Особенности

- Осциллограф смешанных сигналов с одновременной выборкой аналоговых и цифровых сигналов.
- Расширенные возможности синхронизации по переднему или заднему фронту с регулировкой уровня: нормальная/однократный запуск/авто.
- Режимы измерений: среднее, пик-пик, частота.
- Режим XY (построение фигур Лиссажу или наблюдение сдвига фаз между сигналами).
- Анализатор спектра с различными опциями отображения и выбираемым форматом вертикальной оси.
- Режим автоматических измерений с горизонтальными и вертикальными курсорами.
- Генератор сигналов произвольной формы со свипированием всех параметров.
- Опции отображения: послесвечение, четыре варианта разметки (сетки) и прочее.
- Функция самописца.

Технические характеристики

Общие

- Микроконтроллер ATxmega256A3U: 256 КБ Flash, 16 КБ SRAM, 4 КБ EEPROM
- ЖК дисплей Sharp Memory 128 128 пикселей с диагональю экрана 1.28"
- Приблизительные габариты 51 41 15 мм
- Литий-ионный аккумулятор емкостью 400 мА ч, заряжаемый через гнездо разъема micro USB
- Внутренний интерфейс PDI
- 8 тактильных переключателей.
- Интерфейс USB для работы с приложениями ПК и Android.

Логический анализатор

- 8 цифровых входов, совместимых с интерфейсами 3.3 В / 5 В
- Максимальная частота выборок 16 MSPS

- Частотомер с диапазоном измерений 16 МГц
- Размер буфера 4096 байт

Анализатор протоколов

- UART: 5, 6, 7 или 8 битов данных, объем буфера 2560 байт
- SPI: максимальная частота 439 кГц, все комбинации CPOL и CPHA, объем буфера 2560 байт
- I²C: максимальная частота 400 кГц, объем буфера 2048 байт

Осциллограф

- 2 аналоговых входа
- Максимальная частота выборок 4 MSPS
- Полоса пропускания аналогового сигнала 200 кГц
- Разрешение 8 бит
- Входной импеданс 1 МОм / 15 пФ
- Размер буфера 4096 байт на канал
- Диапазон входных напряжений от –14 В до +20 В

Генератор сигналов произвольной формы

- Один аналоговый выход
- Максимальная скорость преобразования 1 MSPS
- Фильтр нижних частот 50 кГц

Габриэль Анзиэни

Габриэль Анзиэни – инженер-электронщик из Венесуэлы, в 2003 году окончивший университет имени Симона Боливара.

Компанию Gabotronics Анзиэни основал во Флориде в феврале 2009 года, однако название для нее придумал на много лет раньше, когда в детском возрасте начинал знакомство со своей будущей профессией, ломая игрушки и старые электронные устройства, чтобы понять, как и почему они работают.

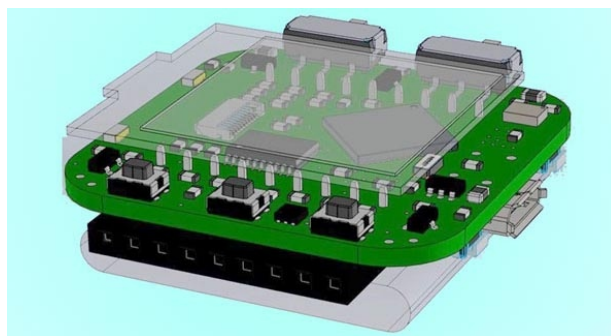


Рисунок 4. Печатная плата Oscilloscope Watch в сборе.

- Разрешение 8 бит
- Выходной ток не менее ± 7 мА
- Размер буфера 512 байт
- Выходное напряжение ± 4 В

Разработка электроники уже закончена. Прошивка микроконтроллера, в основном, будет позаимствована у Xprotolab, но в нее будет добавлено несколько специфических для часов функций. Готова вторая версия печатной платы.

Печатная плата четырехслойная (Рисунок 4). Большинство резисторов и конденсаторов имеют типоразмер 0603, а некоторые из использованных микросхем выпускаются в гораздо более миниатюрных корпусах, так что у разработчиков остается еще много места и возможностей для будущих модификаций прибора. При разработке конструкции корпуса использовалась 3D модель печатной платы. **РЛ**

Gabotronics включена компанией Atmel в список ее независимых поставщиков.

Помимо электроники, Габриэль увлекается музыкой, шахматами и ездой на велосипеде.



Первый случай самоубийства робота

От редакции РадиоЛоцман

Это не первоапрельская статья, поскольку она была опубликована в ноябре. Мы нашли ее не в разделе Electronic Humor (Электронный юмор) или Casual Friday (Легкомысленная пятница), а в блоге технического редактора солидного американского издания.

Редакция решила перевести статью для своих читателей, чтобы показать им, во что верят (или делают вид, что верят) создатели и потребители таблоидных медиаресурсов, и дать возможность оценить степень атрофии (или развития) их чувства юмора.

Никаких других целей, принимая решение о публикации статьи, редакция не преследовала.

Jason Lomberg

ECN Magazine

Некоторое время назад многие СМИ своими истерическими публикациями пытались заставить нас поверить в то, что по содержанию типичной заметки сводилось примерно к следующему: устав выполнять все требования хозяина (т.е., заниматься уборкой), iRobot Roomba 760 вошел в историю, совершив первое среди роботов самоубийство. Бедный парень избрал особенно ужасный способ ухода из жизни, въехав на плиту кухонной печи и подвергнув себя самосожжению. Кроме того, в результате заключительного акта мести пропитанный едким дымом дом надолго оказался непригодным для проживания. Так что же это было: самоубийство или техническая неисправность?



Обратимся к фактам. 44-летний домовладелец из австрийского курортного городка Кирхдорф использовал своего Roomba для

уборки рассыпанной крупы с кухонной столешницы. С остальным ясно меньше. Затем хозяин ушел из дома, выключив робота и оставив его на столешнице. Судя по всему, оставшийся в одиночестве и впавший в депрессию маленький сосальщик грязи включил себя и совершил самосожжение, въехав на раскаленную плиту.

«Почему-то кажется, что он реактивировал себя и двинулся по рабочей поверхности, с которой он столкнул кастрюлю и вскоре закончил свой путь», — рассказывал пожарный Хельмут Книвасзер (Helmut Kniewasser) газете Daily Mail.

«Я не знаю об обвинениях робота в самоубийстве, но хозяин настаивает, что устройство было выключено», — сказал он.

Средства массовой информации оседлали эту историю.

«Нет ничего удивительного в том, что робот-раб будет стремиться прекратить свое жалкое существование», — писал Дэвид Песковиц (David Pescovitz) из Boing Boing.

«По сообщениям местных источников, робот iRobot Roomba 760, как полагают, восстал против принуждения к труду и решил, что с него достаточно», — отмечала Daily Mirror.

Я не психолог (и не детектив), но я сомневаюсь, что произошедшее можно квалифицировать как «самоубийство».



Обугленные останки iRobot Roomba 760, по-видимому, совершившего самоубийство.

Согласно словарю Мерриэм-Вебстера, самоубийством является «добровольный и преднамеренный акт отъема собственной жизни».

Roomba не обладает такой свободой воли, чтобы делать что-то «добровольно» или «преднамеренно».

Пылесос iRobot работает автономно в очень ограниченном пространстве событий.

В более ранних версиях использовались внутренние акустические датчики грязи (технология Dirt Detect Series 1), с помощью которых робот находил нуждающиеся в чистке места, в то время как в моделях четвертого поколения эти функции выполняют оптические датчики, установленные в передней части контейнера для пыли (технология Dirt Detect Series 2). Роботы также способны обходить препятствия (такие, как стены) и разворачиваться на 360 градусов, а четыре инфракрасных «датчика уступа» предохраняют его от падения со ступеней.

Ничто из этого не станет основой свободной воли или самоопределения. Не имеющий чувств или эмоций Roomba не может впасть в депрессию.

Кстати, прикончившая себя версия 760 робота – базовая модель серии 700, – даже не была особо продвинутой.

Что я думаю по этому поводу? Roomba обнаружил грязь на печи и невольно уничтожил себя. Сожалею, но фанатам техники и любителям научной фантастики придется подождать. **РЛ**

ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

ОКО Мобайл 3G

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



ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ “ОКО АРХИВ”

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

ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet
сменный жесткий диск

ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet
встроенный жесткий диск

ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



“Децима”

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

Как получить чистую синусоиду из модифицированной

Часть 1

Валентин Володин



Вступление

Еще не стерлись из памяти события «лихих» 90-х. Помнится МММ, разгул криминала, веерные отключения электроэнергии. На Украине, например, во второй половине 90-х дело доходило до того, что свет в жилых районах выключали на 2 часа через каждые 2 часа. Помнится, наиболее коварным был зимний период темноты между пятью и семью часами вечера. Как раз, когда народ возвращался с работы. Выгружаешься на остановке, автобус уезжает, и ты остаешься в полной темноте. Пытаешься привыкнуть, трешь глаза, давишь на глазные яблоки. Все безрезультатно, вокруг полная темнота. Делать нечего, осторожно ступаешь во мрак, пытаешься нащупать заветный забор, который должен вывести к родной калитке и потихоньку, на ощупь, домой.

Однако в этих мытарствах были и положительные элементы. Например, резко возрос спрос на разные бензо- и дизель-генераторы, а также на электронные преобразователи и бесперебойные источники тока. Последнее обстоятельство позволило людям творческим применить свои профессиональные навыки и даже немного улучшить на этом поприще свое финансовое положение. А там, глядишь, появились различные фирмочки, выпускающие эти самые преобразователи и бесперебойники. Какой-никакой подъем в экономике образовался, дополнительные рабочие места и т. п. Собственно, и Ваш покорный слуга, примерно в те времена, из электроники слабосильной подался в электронику силовую.

Нельзя сказать, что тогда с этой самой электроникой сильно мудрили. Делали, чтобы было просто, надежно и дешево. В принципе, для того чтобы питать одну-две лампочки, больше ничего и не требовалось. Однако по мере развития процесса конкуренция ужесточалась. Народу уже стало из чего выбирать. Особо привередливые начали интересоваться формой напряжения на выходе преобразователей и бесперебойников. На что им очень обтекаемо отвечали, что форма там практически синусоидальная, но лишь слегка модифицированная. Более честные говорили, что там присутствует синусоида, но только квадратная. А уж совсем честные говорили напрямую, что их преобразователи и бесперебойники формируют на выходе прямоугольное напряжение с паузой. Но параметры этого напряжения (амплитудное и действующее значение, а также частота) практически соответствуют аналогичным параметрам однофазного переменного напряжения бытовой электросети. В принципе, такое напряжение вполне подходило для основных бытовых электропотребителей, таких телевизоры, компьютеры, а также нагревательные и люминесцентные лампы. Те же электропотребители, которые требовали чисто синусоидального напряжения (асинхронные двигатели, например), были в меньшинстве и погоды особой не делали.

Однако такое положение не могло длиться вечно. Количество отключений сокращалось и в какой-то момент они практически вообще прекратились. Однако параллельно на рынке бытовых товаров стали появляться отопительные котлы, оборудованные циркуляци-

онными насосами, приводными задвижками и электронным управлением. Такие котлы требовали высококачественного бесперебойного электропитания. В противном случае, при отключении электричества работа системы отопления полностью нарушалась.

И вот тут возникала некая дилемма. Многие владельцы отопительного чуда уже обладали бесперебойными источниками, мощности которых с лихвой хватало для питания котла. Однако, вот беда, циркуляционные насосы ни в какую не хотели крутиться от «прямоугольной синусоиды». Для чудо-котла надо было приобретать новый чудо-бесперебойный источник, формирующий на выходе чистейшую синусоиду. А куда же теперь девать старый, к которому уже душой прикипели. Нехорошо как-то все это!

Но положение не безвыходное и старый друг нам еще послужит! Для питания асинхронного двигателя от прямоугольного напряжения можно использовать фильтр Отто. Есть множество положительных примеров практического воплощения такого подхода. Однако такой вариант не самый простой и, уж точно, не универсальный. После продолжительной и утомительной настройки фильтр можно будет использовать только с конкретным двигателем. Хотелось бы чего-то более универсального. Таким более универсальным решением будет использование в качестве фильтра феррорезонансного или подобного ему стабилизатора. При этом феррорезонансный стабилизатор, включенный после бесперебойного источника, будет не только исправлять форму его выходного напряжения в периоды отсутствия сети (работа от аккумулятора), но и будет стабилизировать напряжение сети в моменты его присутствия.

Ниже приводится описание и принципиальная электрическая схема феррорезонансного стабилизатора мощностью 1000 Вт. В статье приведены формулы и методика расчета, которая позволит вам пересчитать стабилизатор на другую мощность, если это потребуется.

Феррорезонансный стабилизатор

Феррорезонансные стабилизаторы имеют ряд достоинств, таких как высокая надежность и быстродействие, широкий диапазон входных напряжений, хорошая стабильность

выходного напряжения, способность к исправлению формы сильно искаженного входного напряжения. Однако, не смотря на все свои достоинства, эти стабилизаторы имеют и некоторые недостатки, к которым можно отнести относительно низкую удельную мощность и высокий уровень шумов, создаваемых при работе.

Не так давно, в 60-80-х годах прошлого века, феррорезонансные стабилизаторы широко использовались в быту для питания ламповых телевизоров. И старшее поколение читателей, скорей всего, до сих пор помнит тот надрывный гул, которым сопровождалась работа этих аппаратов, которые различались формой и расцветкой, но имели вес 10-15 кг при мощности 250-350 Вт.

Основным источником шумов в феррорезонансном стабилизаторе является насыщающийся дроссель. В работе сердечник этого дросселя постоянно насыщается, что приводит к изменению его линейных размеров. Это явление называется магнитострикционным эффектом. О «шумности» этого эффекта говорит хотя бы тот факт, что он широко используется в гидроакустике для генерации мощных акустических волн. Следовательно, если мы хотим построить тихий стабилизатор, то в первую очередь должны избавиться от насыщающегося дросселя. Однако нельзя просто так выбрасывать неудобные комплектующие из стабилизатора. В этом случае мы рискуем потерять его функциональность. Чтобы этого не произошло, сначала нужно найти достойную замену. И на нашу удачу такая достойная замена имеется. Еще в 70-х годах прошлого столетия была доказана возможность замены насыщающегося дросселя последовательной цепочкой, состоящей из линейного дросселя и двух встречно-параллельных тиристоров [1]. Такая цепь ведет себя аналогично насыщающемуся дросселю, но в отличие от него имеет меньшие размеры и массу, может оперативно регулироваться за счет управления тиристорами, обеспечивает меньшие потери и, самое главное, гораздо меньше шумит. В технической литературе такая цепочка зачастую называется резонансным тиристорным регулятором (РТР) [2]. При необходимости, два встречно-параллельных тиристора РТР можно с успехом заменить одним симистором.

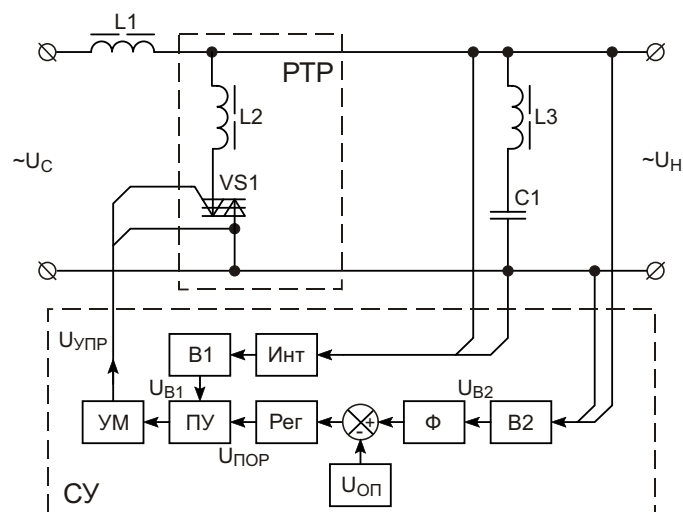


Рисунок 1. Функциональная схема стабилизатора с РТР.

Работа стабилизатора

Функциональная схема стабилизатора с РТР [2] изображена на Рисунке 1.

Стабилизатор с РТР имеет практически тот же принцип действия, что и феррорезонансный стабилизатор. Выходное напряжение U_H поддерживается на требуемом уровне (220 В). Когда напряжение питающей сети U_C имеет минимальное значение, симистор VS1 заперт. При этом напряжение U_H поднимается до требуемого уровня за счет резонанса в колебательном контуре L1C1. Если же напряжение питающей сети U_C имеет максимально

допустимое значение, то симистор VS1 постоянно открыт. При этом дроссели L1 и L2 образуют делитель переменного напряжения, уменьшающий сетевое напряжение до требуемого уровня. В феррорезонансном стабилизаторе насыщающийся дроссель также максимально используется при максимальном входном напряжении, и минимально при минимальном. Дроссель L3 совместно с конденсатором C1 образует фильтр третьей гармоники, улучшающий форму выходного напряжения стабилизатора.

Рассмотрим подробнее работу стабилизатора с РТР. На Рисунке 2 изображены осциллограммы основных напряжений и токов ста-

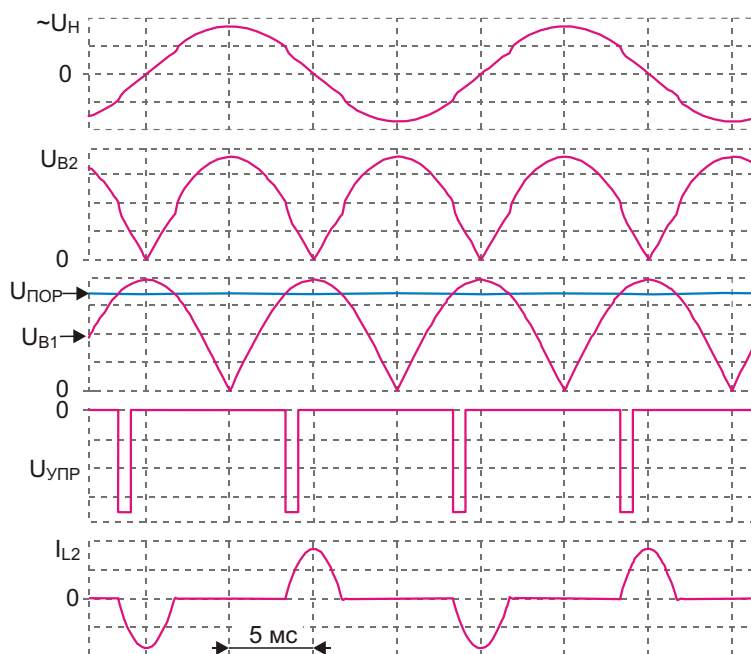


Рисунок 2. Осциллограммы основных напряжений и токов стабилизатора с РТР.

билизатора с РТР. Выходное напряжение стабилизатора U_H выпрямляется при помощи выпрямителя В2. Выпрямленное напряжение U_{B2} поступает на фильтр Ф, который выделяет из него среднее, действующее или амплитудное значение, в зависимости от того, какое значение выходного напряжения U_H требуется стабилизировать. Далее напряжение с выхода фильтра поступает на сумматор, где сравнивается с опорным напряжением U_{OP} . С выхода сумматора напряжение ошибки поступает на регулятор Рег, который формирует управляющий сигнал, призванный компенсировать отклонение выходного напряжения стабилизатора. Выходное напряжение регулятора $U_{ПОР}$ поступает на вход порогового устройства ПУ и определяет его порог срабатывания. На другой вход порогового устройства подается синхронизирующее напряжение U_{B1} , привязанное к моментам перехода через ноль выходного напряжения U_H стабилизатора. На выходе порогового устройства ПУ формируются импульсы управления $U_{УПР}$, которые усиливаются усилителем мощности УМ и в требуемой полярности поступают на управляющий электрод симистора VS1. Синхронизирующее напряжение создается при помощи интегратора Инт и выпрямителя В1. Благодаря интегратору, импульсы выпрямленного напряжения U_{B1} отстают от импульсов U_{B2} на 5 мс (фазовый сдвиг -90°).

Импульсы управления $U_{УПР}$ формируются на нарастающем фронте U_{B1} между нулевым и амплитудным значением этого напряжения. При увеличении порогового напряжения $U_{ПОР}$ импульсы управления максимально сдвигаются к амплитудному значению U_{B1} и, соответственно, к нулевому значению U_{B2} . В этом случае симистор открывается в районе нулевого значения U_H и через линейный дроссель L2 протекает незначительный ток I_{L2} , который не оказывает существенного влияния на выходное напряжение стабилизатора. При уменьшении порогового напряжения $U_{ПОР}$ импульс управления сдвигается в сторону амплитудного значения U_H и через линейный дроссель L2 начинает протекать существенный ток, который шунтирует выход стабилизатора и уменьшает величину его выходного напряжения.

Если выходное напряжение стабилизатора меньше требуемого, то регулятор Рег увеличивает пороговое напряжение $U_{ПОР}$. В результате ток, протекающий через дроссель L2, уменьшается, и выходное напряжение стабилизатора возрастает за счет резонанса в колебательном контуре L1C1. Если выходное напряжение больше требуемого, то регулятор Рег уменьшает пороговое напряжение $U_{ПОР}$. В результате ток, протекающий через дроссель L2, увеличивается и выходное напряжение стабилизатора уменьшается.

Расчет силовой схемы стабилизатора

Рассмотрим практическую методику расчета стабилизатора мощностью 1000 ВА. Такой стабилизатор может использоваться как независимое устройство или совместно с устаревшими источниками бесперебойного питания для получения синусоидальной формы напряжения.

Принципиальная электрическая схема силовых цепей стабилизатора с РТР мощностью $S_H = 1000$ ВА изображена на Рисунке 3. Стабилизатор рассчитан на работу от сети переменного тока 220 В 50 Гц с нагрузкой, имеющей коэффициент мощности $\cos \varphi_H = 0.7$, и формирует выходное напряжение $U_H = 220 \text{ В} \pm 1\%$ во всем диапазоне нагрузок при изменении входного напряжения от 150 до 260 В.

Первым делом необходимо определить емкость резонансного конденсатора. Реактивную мощность резонансного конденсатора для стабилизатора без фильтра третьей гармоники можно найти по формуле:

$$Q_{C0} = C_0 U_H^2 (1.4 - 1.45) S_H \cos \varphi_H S_H \sin \varphi_H \\ 1.45 \cdot 1000 \cdot 0.7 \cdot 1000 \cdot 0.7 = 1715 \text{ ВАР},$$

где:

$$2 \cdot f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314$$

– угловая частота сетевого напряжения, рад/с.

Зная реактивную мощность резонансного конденсатора, найдем его емкость:

$$C_0 = \frac{Q_{C0}}{U_H^2} = \frac{1715}{314 \cdot 220^2} = 110 \text{ мкФ}.$$

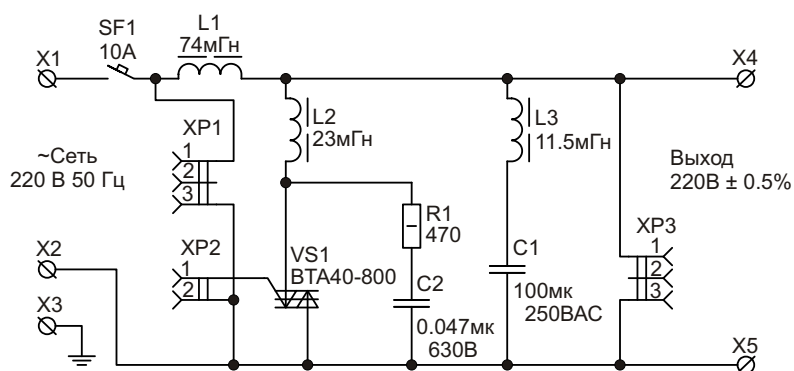


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема силовых цепей стабилизатора с РТР мощностью 1000 ВА.

Найдем индуктивность линейного дросселя L1:

$$L1 = \frac{(0.75 \quad 0.85)}{^2 C_0} \frac{0.8}{314^2 \cdot 110 \cdot 10^{-6}} \quad 74 \text{ мГн.}$$

Найдем индуктивность линейного дросселя L2:

$$L2 = \frac{(0.2 \quad 0.3)}{^2 C_0} \frac{0.25}{314^2 \cdot 110 \cdot 10^{-6}} \quad 23 \text{ мГн.}$$

Найдем индуктивность линейного дросселя L3:

$$L3 = \frac{0.125}{^2 C_0} \frac{0.125}{314^2 \cdot 110 \cdot 10^{-6}} \quad 11.5 \text{ мГн.}$$

Так как в стабилизаторе для улучшения формы выходного напряжения установлен фильтр третьей гармоники, емкость резонансного конденсатора можно уменьшить:

$$C1 = \frac{8 C_0}{9} \frac{8 \cdot 110 \cdot 10^{-6}}{9} \quad 100 \text{ мкФ.}$$

В качестве C1 можно использовать компенсирующие конденсаторы типа К78-99 или аналогичные, предназначенные для коррекции коэффициента мощности электромагнитных дросселей газоразрядных ламп. Например, можно использовать два включенных параллельно конденсатора К78-99 емкостью 50 мкФ, рассчитанных на напряжение 250 В переменного тока. Для этой же цели можно использовать конденсатор типа МБГВ 100 мкФ на напряжение 1000 В. [РЛ](#)

Используемая литература:

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

Усовершенствованная схема ограничения тока для повышенных напряжений

Anthony Smith

Electronic Design

Описанный ранее ограничитель тока [1] хорошо работает при низких напряжениях питания, но при напряжении более 10 В становится неточным. Теперь же предлагается усовершенствованная версия схемы, способная быстро реагировать на падение сопротивления нагрузки при более высоких напряжениях.

В предыдущей статье была описана технология защиты от превышения рассеиваемой мощности «проходного» транзистора в схеме ограничителя тока нагрузки. Хотя при низких напряжениях эта схема работает исключительно эффективно, при напряжениях выше 10 В она теряет точность. Кроме

того, на порог срабатывания влияют изменения окружающей температуры. Добавив всего несколько недорогих компонентов, характеристики схемы можно значительно улучшить.

В традиционной схеме, выделенной пунктирной линией на Рисунке 1, порог ограничения тока задается резистором R1:

$$I_{CL} = \frac{V_{BE(Q1)}}{R1},$$

где $V_{BE(Q1)}$ – напряжение база-эмиттер транзистора Q1, равное, как правило, примерно 0.7 В.

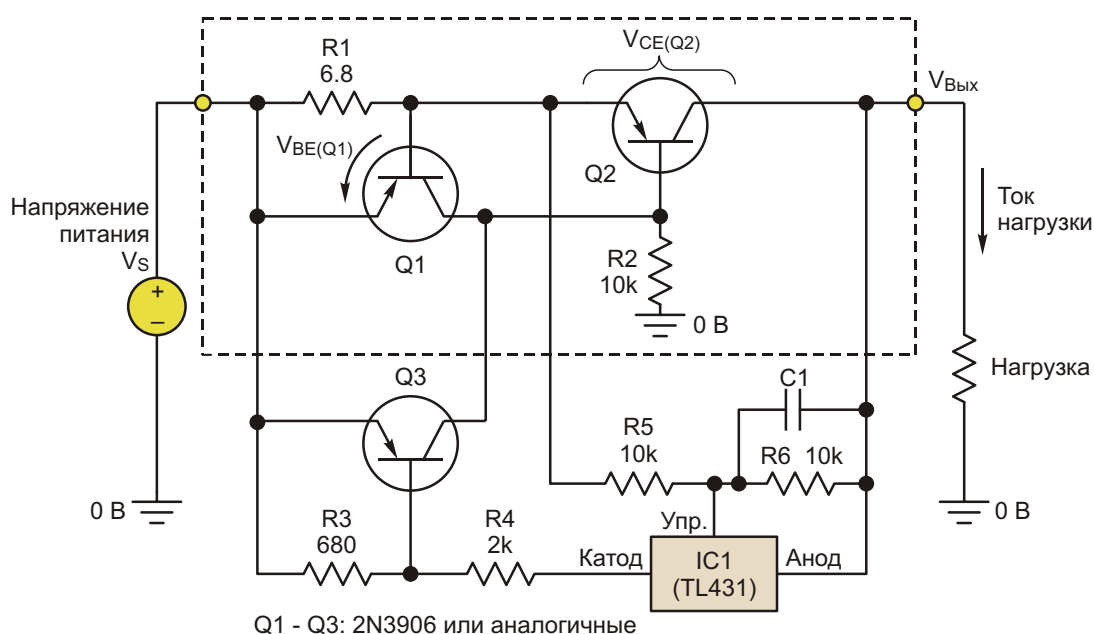


Рисунок 1. Простая схема ограничения тока (внутри пунктирной линии) весьма эффективна при низких напряжениях питания, но теряет точность при напряжениях свыше 20 В. Добавив в схему всего несколько компонентов, можно значительно расширить диапазона ее рабочих напряжений.

Эта простая схема очень эффективна, если ток I_{CL} относительно мал, а напряжение питания не слишком велико. Но в случае нарушения режима работы, повлекшего либо рост напряжения питания, либо ненормальное уменьшение сопротивления нагрузки, рассеиваемая на проходном транзисторе Q2 мощность становится слишком большой.

Например, если схема рассчитана на ограничение при $I_{CL} = 100$ мА и питается напряжением $V_S = 20$ В, при коротком замыкании нагрузки на транзисторе Q2 будет рассеиваться мощность 2 Вт. Для малосигнальных транзисторов, подобных 2N3906, предельными являются уровни мощности 625 мВт. Это означает, что для сохранения безопасной температуры перехода придется использовать более крупный транзистор с дополнительным теплоотводом. Соответствующее увеличение цены для многих приложений может оказаться недопустимым.

Дополнительные компоненты на Рисунке 1 успешно решают эти проблемы. На элементах Q3 и IC1 сделана цепь контроля мощности, запирающая Q2, если рассеиваемая на нем мощность превысит заданный уровень. В трехвыводной микросхеме регулируемого точного шунтового стабилизатора напряжения объединены источник опорного напряжения, компаратор и выходной каскад с открытым коллектором.

Напряжение на управляющем входе, измеренное относительно анодного вывода, сравнивается с напряжением внутреннего опорного источника, имеющем номинальное значение $V_{Ref} = 2.5$ В. В выключенном состоянии, когда напряжение на входе Ref (Упр.) равно нулю, ток через катодный вывод не превышает 1 мкА. По мере приближения напряжения к V_{Ref} ток катода плавно слегка увеличивается. Прибор полностью включается, когда входное напряжение превысит порог 2.5 В, при этом катодное напряжение относительно анода падает примерно до 2 В.

Микросхема IC1 и делитель R5/R6 отслеживают напряжение $V_{CE(Q2)}$ на коллекторе транзистора Q2. Величины сопротивлений R5 и R6 выбраны таким образом, чтобы при достижении $V_{CE(Q2)}$ критического значения напряжение на входе Ref было равно точно 2.5 В. При этом напряжении IC1 включается, и потекший через R4 ток открывает транзистор Q3. Вследствие этого напряжение база-эмиттер Q2 падает практически до нуля, Q2 закрывается, и ток нагрузки прекращается.

Критическое значение $V_{CE(Q2)}$ зависит от максимально допустимой рассеиваемой мощности, $P_{D(max)}$ и I_{CL} . Если выбрать транзистор типа 2N3906 с максимальной рассеиваемой мощностью 625 мВт при 25 °С, граница безопасной работы $P_{D(max)}$ может быть

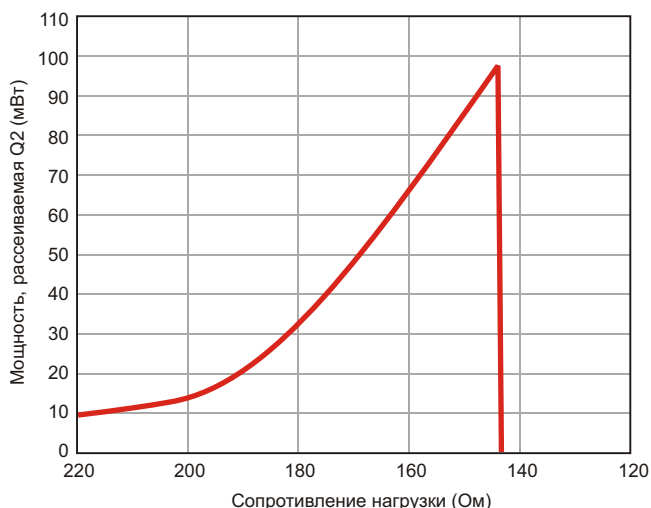


Рисунок 2. Зависимость демонстрирует очень высокую скорость реакции при падении сопротивления нагрузки до опасного уровня.

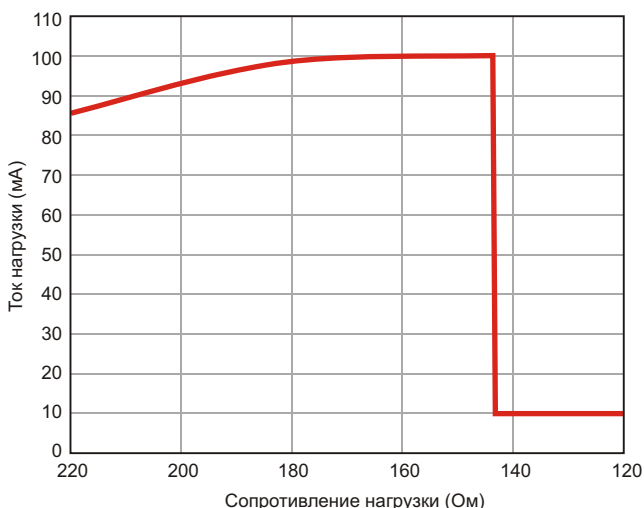


Рисунок 3. На графике зависимости протекающего через нагрузку тока от сопротивления нагрузки видна область ограничения между 180 Ом и 144 Ом, после которой ток нагрузки отсекается и падает до уровня 10 мА.

установлена на уровне 500 мВт. Если $I_{CL} = 100$ мА, рассеиваемая Q2 мощность не превысит 500 мВт при напряжении между коллектором и эмиттером равном 5 В.

Значения R5 и R6 можно определить с помощью следующего выражения:

$$R5 = R6 \frac{P_{D(max)}}{I_{CL} V_{Ref}} - 1.$$

Например, если $P_{D(max)} = 500$ мВт, $I_{CL} = 100$ мА и $V_{Ref} = 2.5$ В, то $R5 = R6$.

При указанных на схеме номиналах компонентов и $V_S = 20$ В мощность, рассеиваемая транзистором Q2, возрастает линейно до тех пор, пока сопротивление нагрузки не станет меньше 180 Ом – значения, с которого начинается область ограничения (Рисунок 2). Когда сопротивление упадет примерно до 144 Ом, рассеиваемая на Q2 мощность достигнет 494 мВт. При дальнейшем снижении сопротивления напряжение коллектор-эмиттер транзистора Q2 достигает 5 В, IC1 и Q3 полностью открываются и запирают транзистор Q2. Рассеиваемая мощность сразу же падает до нуля, защищая Q2 от повреждения.

Ток нагрузки изменяется в соответствии с уменьшением сопротивления нагрузки. Вначале ток нарастает линейно до уровня примерно 100 мА, с которого начинается область ограничения (Рисунок 3). В точке закрывания транзистора Q2 ток нагрузки немедленно падает примерно до 10 мА. В таком «выключенном» состоянии схема защелкивается, и с этого момента ток нагрузки определяется практически одним лишь током IC1. Чтобы вернуть схему в рабочее состояние, необходимо либо выключить и вновь включить питание, либо отсоединить нагрузку. Схема обеспечивает быструю и точную защиту проходного транзистора Q2. В связи с высокой чувствительностью схемы для предотвращения ложных срабатываний может потребоваться дополнительный конденсатор C1, фильтрующий напряжение на входе Ref микросхемы IC1. Кроме того, причиной ложных срабатываний может быть и высокая скорость отклика схемы, если нагрузка является источником больших пусковых токов. **РЛ**

Ссылки по теме

1. «Схема ограничения тока останется холодной». РадиоЛоцман, 2013, апрель, стр. 42.

Емкостной сенсорный выключатель для сетевых электроприборов на основе микросхемы ФАПЧ

M.S. Nagaraj

Electronic Design

Емкостные сенсорные выключатели набирают популярность в бытовых приборах, автомобилях и промышленных приложениях по многим причинам. Они эстетически привлекательны, гибки, просты в изготовлении и в использовании. Им не нужны кнопки, ползунки и другие элементы механических устройств коммутации. Они надежны, поскольку не имеют подвижных частей.

Кроме того, отсутствие отверстий и иных открытых конструкций снижает производственные затраты. На качество выключателей не влияют поверхностные загрязнения и

влажность. Для индикации статуса переключателя в его поверхность может быть вмонтирован светодиод подсветки. И, наконец, сенсорными поверхностями могут служить медные площадки печатной платы.

В показанной на Рисунке 1 схеме в качестве сенсорных поверхностей используются две идентичные металлические пластины или медные контактные площадки двухсторонней печатной платы (SP_{On} и SP_{Off}). Сенсорные конденсаторы C_{On} и C_{Off} сформированы с помощью декоративной защитной пленки, размещенной поверх контактных

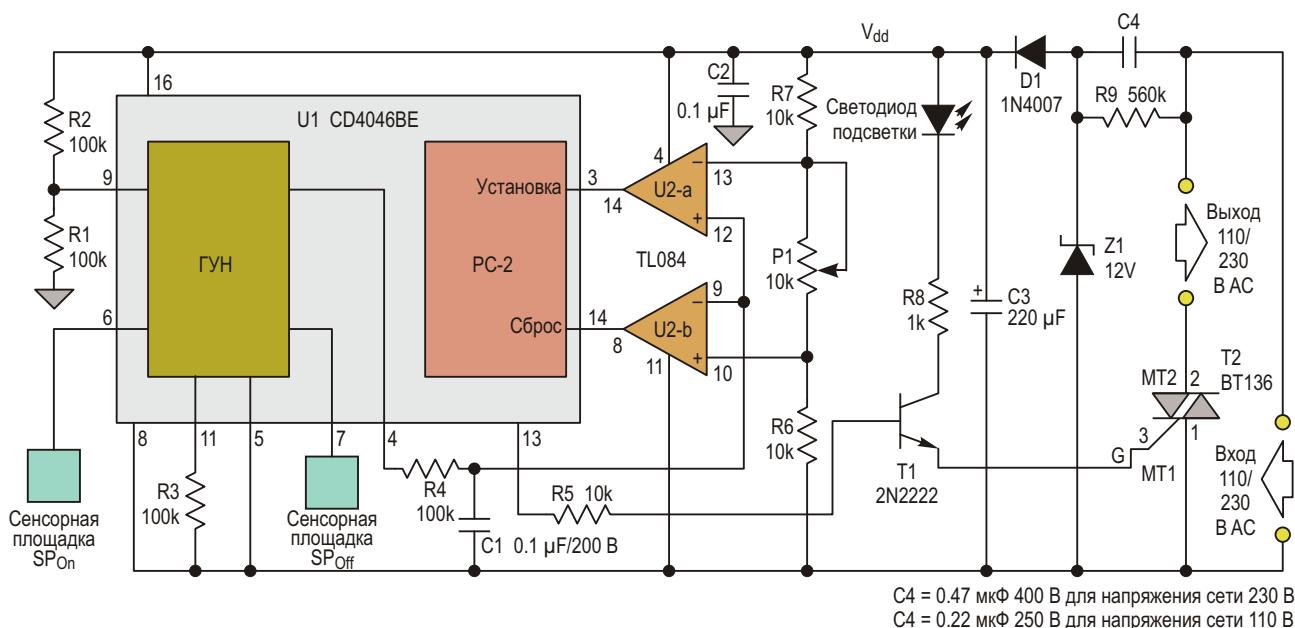


Рисунок 1. Основанная на микросхеме ФАПЧ, компараторе и симисторе схема образует недорогой емкостной сенсорный выключатель, относительно мало чувствительный к изменениям температуры окружающей среды и постоянного напряжения на шине питания.

площадок. Накладки изолируют пользователя от сетевого напряжения. На элементах С4, R9, Z1, D1 и С3 собран компактный и дешевый бестрансформаторный источник питания.

Конденсаторы служат времязадающими элементами для управляемого напряжением генератора (ГУН), входящего в состав популярной и недорогой КМОП микросхемы ФАПЧ (CD4046). Периоды времени T_{On} и T_{Off} , в течение которых выходное напряжение ГУН имеет высокий и низкий уровень, определяются емкостями сенсорных конденсаторов C_{On} и C_{Off} , соответственно. Интегратор R4C1 формирует постоянное напряжение V_{dc} , пропорциональное коэффициенту заполнения выходных прямоугольных импульсов:

$$V_{dc} = V_{sq} \cdot \frac{T_{On}}{T_{On} + T_{Off}},$$

где

$$\frac{T_{On}}{T_{On} + T_{Off}},$$

$V_{sq} = 12 \text{ В}$ – амплитуда прямоугольных импульсов.

Поскольку сенсорные площадки идентичны, их емкости в отсутствие прикосновений одинаковы. Соответственно, $T_{On} = T_{Off}$, коэффициент заполнения равен 0.5, а $V_{dc} = 6 \text{ В}$. Делитель напряжения, образованный элементами R6, P1 и R7, формирует опорные напряжения V_{Ref-hi} и V_{Ref-lo} для компараторов U_{2-a} и U_{2-b} .

При касании сенсорной площадки SP_{On} для включения электроприбора емкость пальца пользователя добавляется к емкости C_{On} . Это увеличивает время T_{On} , коэффициент заполнения и выходное напряжение интегратора. Регулировочный потенциометр P1 должен быть установлен в такое положение, чтобы

$$V_{Ref-hi} = \frac{V_{dc} + V_{dc-on}}{2},$$

где V_{dc} и V_{dc-on} – выходные напряжения интегратора до и после прикосновения к сенсорной площадке SP_{On} , соответственно.

Таким образом, при касании SP_{On} выходное напряжение интегратора превысит V_{Ref-hi} , и высокий уровень на выходе переключившегося компаратора U_{2-a} установит R-S триггер фазового компаратора (PC-2) микросхемы ФАПЧ.

Аналогично, при касании сенсорной площадки SP_{Off} для выключения электроприбора емкость пальца пользователя добавляется к емкости C_{Off} . Вследствие этого увеличивается время T_{Off} , а коэффициент заполнения и выходное напряжение интегратора, соответственно, уменьшаются.

Поскольку $R6 = R7$, опорное напряжение V_{Ref-lo} отслеживает напряжение V_{Ref-hi} , откуда следует

$$(V_{Ref-hi} - V_{dc}) = (V_{dc} - V_{Ref-lo}).$$

В результате, при касании SP_{Off} выходное напряжение интегратора падает ниже V_{Ref-lo} , и высокий уровень на выходе переключившегося компаратора U_{2-b} сбрасывает R-S триггер микросхемы ФАПЧ. Симистор T2 включает присоединенный к нему электроприбор, когда открывается высоким уровнем напряжения на выходе триггера, и выключает, когда выходное напряжение триггера становится низким.

При вариациях окружающей температуры происходит одинаковое относительное изменение емкостей C_{On} и C_{Off} и, как следствие, пропорциональное изменение T_{On} и T_{Off} . На значения коэффициента заполнения и V_{dc} эти вариации не влияют и, соответственно, не изменяют чувствительности сенсоров. Переключатель невосприимчив и к колебаниям напряжения питания V_{dd} , поскольку каждая из величин V_{Ref-hi} , V_{Ref-lo} и V_{dc} пропорциональна V_{dd} , и, следовательно, их соотношение от V_{dd} не зависит.

Для лучшей чувствительности к прикосновению размеры сенсорной площадки не должны быть больше поверхности касания пальца, так как емкость пальца должна быть соизмерима с собственной емкостью площадки. Примите также во внимание, что уменьшение толщины защитной пленки увеличивает степень относительного изменения емкостей после прикосновения. **РЛ**

Измерение состояния двух резистивных датчиков или нескольких переключателей с помощью одного триггера Шмитта

Petre Petrov

EDN

Многие датчики, используемые для получения информации об окружающей среде, являются резистивными. Примером могут служить терморезисторы с положительным и отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), фоторезисторы,

различного рода контактные сенсоры. Если преобразовать сопротивление датчика в частоту или длительность импульса, эти параметры можно измерить с помощью любого микроконтроллера, для чего не потребуется АЦП.

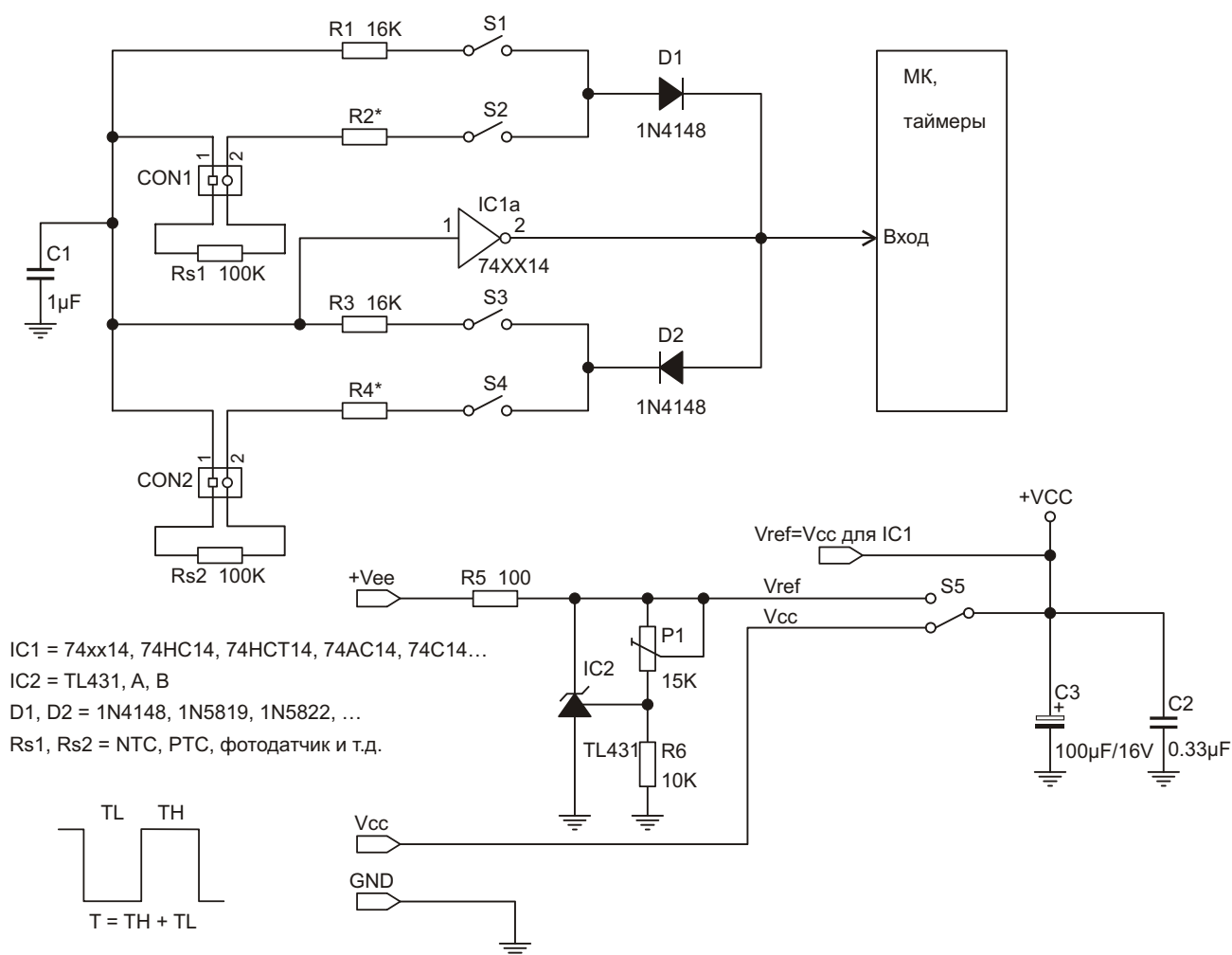


Рисунок 1. Один инвертор с триггером Шмитта обслуживает два резистивных датчика.

На Рисунке 1 изображена простая схема на одном инверторе с триггером Шмитта (74xx14 или 40106), которая позволяет подключать к одной линии ввода/вывода микроконтроллера два резистивных датчика Rs1 и Rs2. Сопротивление одного из датчиков определяет продолжительность состояния низкого логического уровня на выходе схемы (TL), а другой – высокого (TH). Диоды D1 и D2 делают времена TL и TH независимыми друг от друга. Резисторы R2 и R4 при необходимости могут использоваться для смещения сопротивления датчиков. Резисторы R1 и R3 нужны в том случае, когда требуется корректировка кривой отклика датчиков или установка порогов калибровки.

Рассмотрим пример настройки схемы с использованием резисторов R1 и R3:

1. Если для повышения точности измерений требуется опорное напряжение Vref, переключатель S5 устанавливается в верхнее по схеме положение, и с помощью потенциометра P1 задается величина опорного напряжения Vref (например, 5.0 В, 5.5 В, 4.5 В и т.д.).

2. Переключатели S1 и S3 замкнуты, а S2 и S4 разомкнуты. В этом случае резисторы R1 и R3 определяют длительности низкого и высокого уровня выходного сигнала.

3. Длительности низкого и высокого уровня выходного сигнала измеряются и сохраняются в памяти микроконтроллера.

4. Теперь переключатели S2 и S4 замкнуты, а S1 и S3 разомкнуты. При такой конфигурации длительности низкого и высокого уровня выходных импульсов определяются сопротивлением резистивных датчиков Rs1 и Rs2.

5. Микроконтроллер измеряет длительности уровней и сравнивает их сохраненными в памяти опорными значениями.

Сопротивления резисторов R5, R6 и потенциометра P1 в схеме источника опорного напряжения зависят от конкретной реализации и могут быть легко рассчитаны по формулам в техническом описании микросхемы TL431A или ее аналога.

Отслеживание состояния нескольких контактов с помощью одного инвертора

Один инвертор может использоваться также для получения информации о состоянии нескольких контактных датчиков или переключателей. На Рисунке 2 показано, как единственный триггер Шмитта определяет статус четырех переключателей S1-S4.

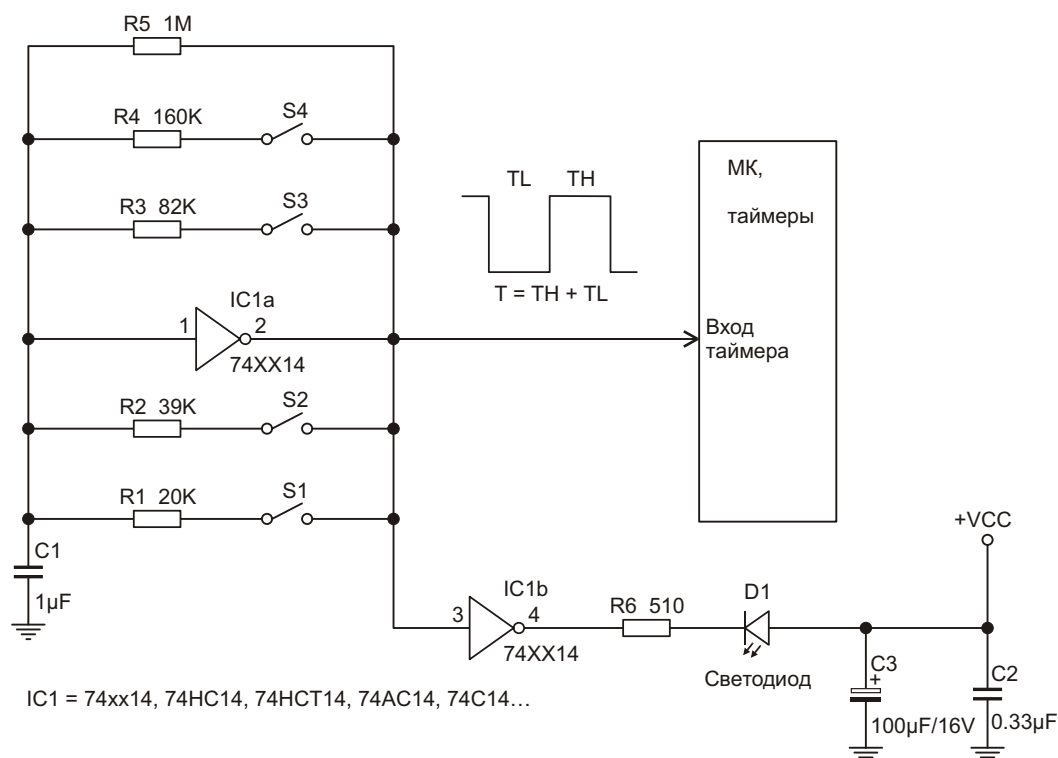


Рисунок 2. Один инвертор с триггером Шмитта обслуживает нескольких контактных датчиков.

Схема преобразует сопротивление цепи обратной связи микросхемы IC1a в частоту. Для увеличения количества контактов можно добавить в схему диоды, точно также, как в схеме на Рисунке 1.

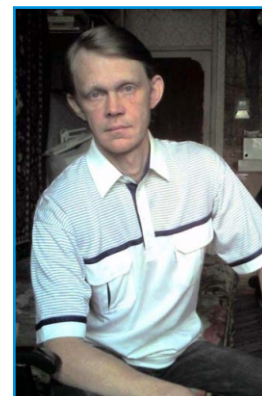
В схеме возможны 16 комбинаций замкнутых и разомкнутых переключателей. Каждой комбинации соответствует меандр с определенной частотой. Если потребуются калибровка, эти частоты могут быть измерены и сохранены в памяти микроконтроллера. Резистор R5 задает частоту генерации для случая, когда все контакты разомкнуты. Сопротивления резисторов R1-R5 могут быть любыми. Важно лишь то, чтобы частоты для

каждой комбинации замкнутых и разомкнутых контактов были различными и попадали в диапазон измерений микроконтроллера.

Элементы IC1b, R6 и D1 необязательны. Они могут служить для визуализации состояния комбинаций кнопок.

Количество контактных датчиков ограничивается только разрешением и точностью номиналов элементов. Оно зависит от используемой микросхемы, стабильности источника питания, погрешности сопротивлений резисторов обратной связи, а также от возможностей конкретного микроконтроллера в части измерений длительности импульсов и частоты. **РЛ**

Компактный многофункциональный прибор – измеритель L, C, ESR, пробник-генератор сигналов



Андрей Барышев, г. Выборг

Этот прибор можно собрать в небольшом корпусе, например от китайского цифрового тестера. Он позволяет измерять емкости от 10 пикофард до 1 микрофарда, индуктивности от 100 мкГн до 1 Гн, эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) электролитических конденсаторов, выдает пять фиксированных частот (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц) с амплитудой, регулируемой от 0 до 4...5 В. Кроме того, с его помощью можно проверить катушки индуктивности на отсутствие короткозамкнутых витков и измерить эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) конденсаторов, не выпаивая их из плат, что позволяет за считанные минуты проверить, например,

конденсаторы импульсного блока питания или телевизора, где именно показатель ESR имеет определяющее значение.

Схема прибора приведена на Рисунке 1.

В основу работы прибора заложен принцип измерения постоянной составляющей сигнала генератора. На измерительную головку поступает постоянное напряжение, зависящее от величины измеряемой индуктивности или емкости. Чем больше номинал измеряемого элемента, тем на больший угол отклонится стрелка.

Широкополосный перестраиваемый генератор собран на цифровой микросхеме DD1, содержащей четыре логических элемента И-НЕ (можно ИЛИ-НЕ). В качестве такой мик-

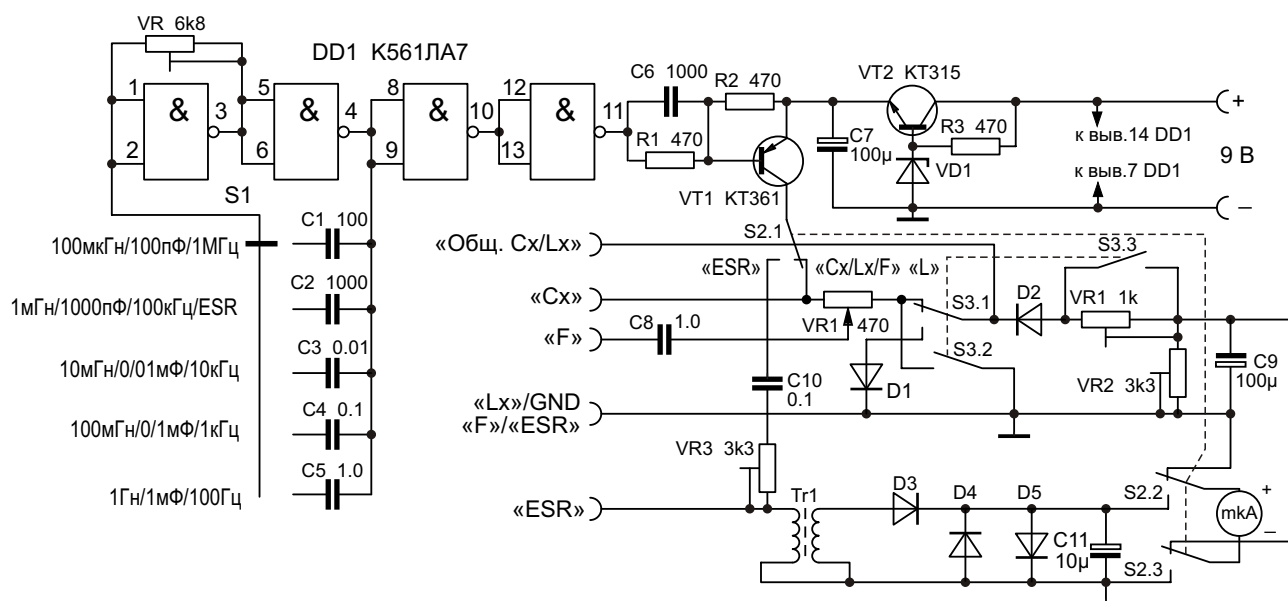


Рисунок 1.

росхемы применимы, например, К561ЛА7, К564ЛА7, К176ЛА7 (или с элементами ИЛИ-НЕ, например, К561ЛЕ5), питающее напряжение которых лежит в пределах 5..9 В. Переключением конденсаторов С1 – С5 задается частота генератора и предел измерения номинала емкости или индуктивности. Эти конденсаторы должны быть бумажными или, что лучше, металлопленочными (К71, К73, К77, К78). Далее через электронный ключ на транзисторе VT1 сигнал генератора поступает на переключатель вида измерений S2 – «L/C» или «ESR». Переключателем S3 выбирается режим измерения индуктивности или емкости, также в режиме измерения емкости можно снимать с гнезда «F» пять вышеуказанных фиксированных частот, а резистором Р2 регулировать выходное напряжение сигнала от 0 до 4 ... 5 В.

При показанном на схеме положении переключателей S1 и S2 прибор работает в режиме измерения индуктивности.

На транзисторе VT2 собран параметрический стабилизатор напряжения, что необходимо для стабильности генерируемой частоты и, следовательно, точности измерений. Выходное напряжение стабилизатора определяется типом стабилитрона VD1 и может лежать в пределах от 4.5 до 7.5 В (стабилитроны типа КС147, КС156, КС162, КС168, Д814А или другие с теми же напряжениями стабилизации). Для лучшей стабилизации напряжения и, соответственно, большей точности измерений желательно использовать стабилитроны типа КС с напряжением, близким к 6 В (КС156, КС162), так как они обладают лучшей термостабильностью параметров.

При измерениях конденсаторы подключаются к гнездам «Сх» и «Общ. Сх/Лх», индуктивности, соответственно, к «Лх» и «Общ. Сх/Лх». Гнездо «Лх» является также общим гнездом (GND) для генератора фиксированных частот и для измерения ESR электролитических конденсаторов. В качестве этих гнезд можно использовать уже установленные в корпусе тестера (если для данного прибора будет использоваться такой корпус). Нужно будет только добавить гнездо выхода генератора «F» аналогичного типа. В качестве переключателей S1, S2 и S3 можно применить любые подходящие на нужное количество контактов, например широко распро-

страненные в свое время П2К или аналогичные импортные, а для переключения частоты генератора (коммутация конденсаторов С1 – С5) удобно использовать малогабаритные переключатели галетного типа (пример такого переключателя показан на Рисунке 2).



Рисунок 2.

Диоды D1, D2 и D3 – германиевые, типа Д2, Д9, Д18, Д310, Д311, ГД507. В качестве измерительного прибора можно применить микроамперметр, например, стрелочный индикатор уровня записи от старого магнитофона или измерительную головку от небольшого стрелочного тестера.

Настройка измерителя С и L производится при помощи частотомера и вольтметра (можно использовать любой программный частотомер в компьютере). Переключатель S3 ставится в положение «С», а диапазон измерений (S1) – «1Гн/1мФ/100Гц». Частотомер подключают к гнездам «F» и «GND», и регулировкой резистора Р1 6.8 кОм выставляется частота 100 Гц. Далее диапазон измерений переключается в положения 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц и подбором соответствующих конденсаторов С1 – С5 выставляются эти частоты. От точности подбора конденсаторов будет в дальнейшем зависеть и точность измерений прибора. При наличии осциллографа будет полезно посмотреть форму сигнала генератора на коллекторе транзистора VT1. Подбором резистора R2 можно добиться формы сигнала, близкой к меандру на всех диапазонах измерений. После этого снова следует включить диапазон «1Гн/1мФ/100Гц», а к гнездам «Сх» подключить образцовый конденсатор емкостью 1 мФ. Подстроечным резистором VR2 следует установить отклонение стрелки прибора в конец шкалы. Далее под-

ключаем емкости 0.1, 0.2, 0.3 ... 0.9 мкФ и ставим на шкале прибора соответствующие метки (такие емкости можно составить из параллельно включенных конденсаторов номиналом по 0.1 мФ). Затем аналогичным образом подключаем к гнездам «Lx» образцовую катушку индуктивности 1 Гн и подстроечным резистором VR1 также выставляем стрелку прибора в конец шкалы. Надо заметить, что с наличием нужных для калибровки индуктивностей у меня лично дело обстоит сложнее, чем с конденсаторами, поэтому за несколько лет благополучного пользования прибором этот режим измерений так и не отградуирован (что можно видеть на фото). Но даже при не совсем точной калибровке шкалы прибор позволяет, тем не менее, с довольно высокой точностью подбирать парные элементы с одинаковыми или очень близкими номиналами.

При переключении в режим измерения «ESR» (переключатель S2) сигнал генератора поступает на обмотку трансформатора Tr1 через подстроечный резистор VR3. При этом также происходит перекоммутация измерительной головки. Частота, при которой измеряется эквивалентное последовательное сопротивление электролитических конденсаторов, составляет 100 кГц. Поэтому следует выставить соответствующий диапазон измерений («1мГ/1000пФ/100кГц/ESR») и поставить переключатель S3 в режим измерения «C».

Эта часть прибора в особой настройке не нуждается, следует просто выставить стрелку прибора в конец шкалы подстроечным резистором VR3 при разомкнутых входных контактах «ESR». Для градуировки используем резисторы 0.5, 2, 5 и 10 Ом. Подключаем их поочередно к контактам «ESR» и делаем на шкале соответствующие метки. Ниже приведены значения «нормальных» сопротивлений (ESR) для конденсаторов различных номиналов:

- 1 ... 100 мкФ – не более 5 Ом;
- 100 ... 1000 мкФ – не более 2.5 Ом;
- 1000 ... 10,000 мкФ – не более 1 Ом.

(Следует заметить, что для очень малогабаритных конденсаторов и для конденсаторов номиналом 4.7 мкФ 200 В сопротивление 5 Ом является нормальным).

В измерителе ESR использованы также германиевый диод D3 и шунтирующие изме-

рительную головку диоды D4 и D5 типа КД521 (КД522), защищающие измерительную головку от напряжения разряда конденсатора в том случае, если он стоит на плате и не разряжен. Тем не менее, следует обязательно закоротить выводы проверяемого конденсатора перед его проверкой, чтобы он полностью разрядился! Особенно это касается конденсаторов на высокие напряжения и большой емкости, поскольку разрядный ток у них достаточно велик для того, чтобы сжечь и диоды и головку.

Трансформатор намотан на ферритовом кольце внешним диаметром 10 ... 15 мм, значение магнитной проницаемости и размер не критичны. Можно использовать кольца от дросселей материнской платы компьютера, маломощных импульсных блоков питания и т.д. Первичная обмотка (к которой подключается проверяемый конденсатор) имеет 10 витков провода ПЭВ-0.4...0.5, вторичная (к которой подключается измерительный прибор) – 200 витков ПЭВ-0.1 ... 0.15. В зависимости от применяемого стрелочного прибора и тока полного отклонения его стрелки, может потребоваться корректировка количества витков первичной обмотки (если не удастся выставить стрелку в конец шкалы подстроечным резистором VR3), поэтому сначала лучше наматывать вторичную обмотку, а поверх нее – первичную.

Прибором можно также проверить катушку индуктивности или, например, трансформатор на наличие короткозамкнутых витков. Для этого ее подключают к гнездам «ESR». Катушки малой индуктивности проверяют, как и электролитические конденсаторы, при частоте 100 кГц, а большие – при частоте 1 кГц. У нормальной катушки высокое реактивное сопротивление, и стрелка останется в конце шкалы. При наличии же короткозамкнутых витков сопротивление резко уменьшается, и прибор покажет сопротивление в единицы Ом.

Питать прибор можно от батареи типа «Крона» или от сетевого адаптера с напряжением холостого хода (без нагрузки) от 9 до 18 В. При нормальных, исправных деталях ток, потребляемый прибором, не превышает 7-9 мА. К гнездам прибора подключаются измерительные щупы с зажимами «крокодил», провода для щупов следует использо-



Рисунок 3.

вать диаметром 0.7 ... 1 мм и как можно меньшей длины, чтобы они не вносили значительной погрешности при измерениях.

Вместо измерительной головки (микроамперметра) можно, конечно, использовать обычный тестер в режиме измерения напряжений 1-2 В. Тогда при настройке нужно будет выставить подстроечными резисторами «L», «C» и «ESR» значение 1 В. Однако применение стрелочного индикатора предпочтительнее, так как шкала измерений нелинейна. Погрешность измерений прибора зависит исключительно от качества применяемых деталей и точности их подбора/настройки.

Конструкция.

Внешний вид прибора показан на Рисунке 3. Печатная плата разрабатывалась под конкретные переключатели и корпус и здесь не приводится. (Корпуса такого размера и формы вряд ли сейчас можно найти). Деталей немного, и монтаж легко можно сделать навесным способом, прямо на контактах переключателей и переменных резисторов. **РЛ**



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

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

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

приглашаем к сотрудничеству!