

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Май 2013 (24)

Стабилизированный
зарядовый насос
с малым током потребления

59

Миллиметровые волны
раздвинут границы
будущих беспроводных технологий

25

myIDkey: пароль
на кончиках ваших пальцев

8

СЕКРЕТЫ
ЭЛЕКТРОННОЙ
НАЧИНКИ
CHEVY VOLT

19

XXX

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование



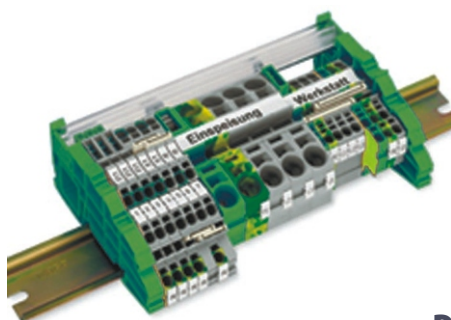
»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



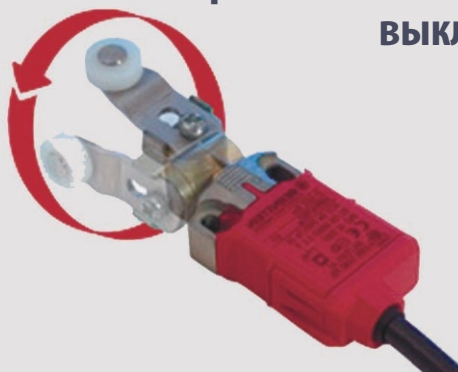
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS

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 SBR-диоды компании Diodes позволят сократить размеры зарядных устройств
- 4 Linear Technology предлагает микромодуль L8001 с массивом маломощных линейных регуляторов напряжения
- 5 Исследователи и радиолюбители могут собрать управляемый микросхемами Nordic квадрокоптер размером с ладонь
- 6 SiTime выходит на рынок смартфонов с первыми МЭМС генераторами
- 8 Allegro MicroSystems представляет новый 2.5-амперный понижающий преобразователь напряжения с низким током потребления
- 8 myIDkey: пароль на кончиках ваших пальцев
- 9 Touchstone выпустила высокоэффективный повышающий преобразователь с LDO регулятором, работающий при входном напряжении от 0.6 В
- 11 Knowles начинает производство мощных микродинамиков Cobra
- 12 Cooking Hacks выпустила набор для самостоятельной сборки 3D-принтера
- 13 NXP представляет первые в отрасли сверхширокополосные усилители Доэрти
- 14 STMicroelectronics пополнила серию STM32F4 лучшим в своем классе микроконтроллером
- 14 Французская стартап-компания обещает через год выпустить устройства Li-Fi
- 15 Linear Technology создала революционный 20-разрядный АЦП с частотой дискретизации 1 Msps и интегральной нелинейностью 0.5 ppm

Статьи

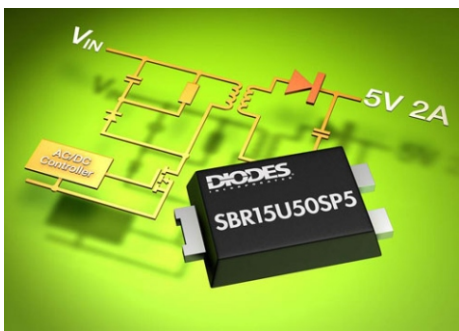
- 19 Секреты электронной начинки Chevy Volt
- 25 Миллиметровые волны раздвинули границы будущих беспроводных технологий. Часть 1
- 30 Подавление низкочастотных помех в системах автоматического управления. Часть 2
- 34 Технологии динамического отображения в конкурентной борьбе за наши глаза
- 39 Обзор регистратора AdvoCam-FD1: «единичка» с возможностями отличников
- 41 Современные аудиотехнологии PureParth компании Texas Instruments

Схемы

- 50 Чтение состояния 10 и более кнопок с помощью двух выводов микроконтроллера
- 54 Создание мощной виртуальной земли с помощью шести буферов и двух MOSFET
- 56 Экономичный генератор пилообразного напряжения со сверхнизким напряжением питания
- 59 Стабилизированный зарядовый насос с малым током потребления

SBR-диоды компании Diodes позволят сократить размеры зарядных устройств

Diodes Incorporated выпустила 15-амперный SBR-диод SBR15U50SP5, предназначенный для следующего поколения зарядных устройств смартфонов и планшетных компьютеров. (SBR – Super Barrier Rectifier, – «выпрямитель с супер барьером», – выпрямительный диод, изготовленный по новейшей технологии, запатентованной компанией Diodes).



Характеризуемые низким прямым напряжением и малым обратным током, миниатюрные SBR разрабатывались для использова-

ния при больших импульсных токах и высокой температуре в обратноходовых преобразователях, работающих в режиме прерывистой проводимости в составе зарядных устройств. Прямое падение SBR15U50SP5 при прямом токе 10 А и температуре окружающей среды +90 °С составляет лишь 0.35 В, благодаря чему за счет снижения потерь проводимости увеличивается КПД зарядного устройства. Небольшой обратный ток утечки при высоких температурах означает, что потери снизятся и при отключенной нагрузке, исключая риск теплового пробоя и повышая общую надежность устройства.

Электрические характеристики SBR в сочетании с низким тепловым сопротивлением миниатюрного корпуса PowerDI-5 позволяют за счет оптимизации теплопередачи уменьшать размеры зарядных устройств. Созданный Diodes корпус PowerDI-5 занимает на плате площадь всего 4.05 × 6.60 мм при высоте 1.15 мм.

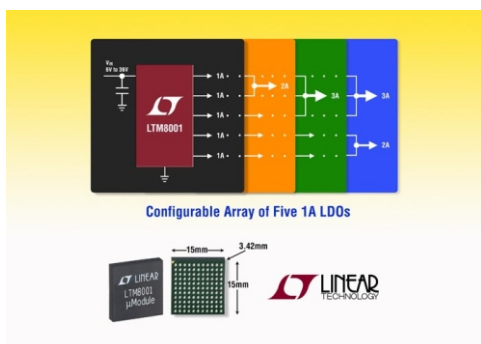
Linear Technology предлагает микромодуль L8001 с массивом маломощных линейных регуляторов напряжения

Linear Technology предлагает микромодуль понижающего регулятора напряжения L8001, содержащий массив из пяти маломощных линейных стабилизаторов с выходным током 1 А. Объединяя каналы прибора, можно получить, в зависимости от количества и комбинации выходов, регуляторы с максимальным током 2, 3, 4 или 5 А. Заключенный в корпус BGA размером 15 × 15 × 3.42 мм, модуль предназначен для высокоэффектив-

ного преобразования напряжения 6 ... 36 В, поступающего от расположенного на плате синхронного понижающего DC/DC конвертера. Выходное напряжение каждого канала регулируется в диапазоне от 0 до 24 В. Микромодуль L8001 рассчитан на использование, в первую очередь, в системах с многшинным питанием, содержащих ПЛИС, ЦСП, специализированные аналоговые микросхемы и микроконтроллеры.

Напряжение на выходе каждого из пяти содержащихся в L8001 линейных стабилизаторов может быть индивидуально установлено в диапазоне от 0 до 24 В с точностью 2% во всем диапазоне рабочих температур. Выходной шум в полосе частот 10 Гц ... 1 МГц не превышает 90 мкВ с.к.з. Порог ограничения выходного тока может задаваться с точностью ±10%.

Гарантируется соответствие L8001 всем заявленным параметрам в диапазоне внут-



ренных температур модуля от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ или от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Цены начинаются от \$17.40 за штуку при покупке партиями от 1000 микросхем. Приборы отгружаются со склада немедленно после подтверждения заказа.

Сводка основных характеристик L8001:

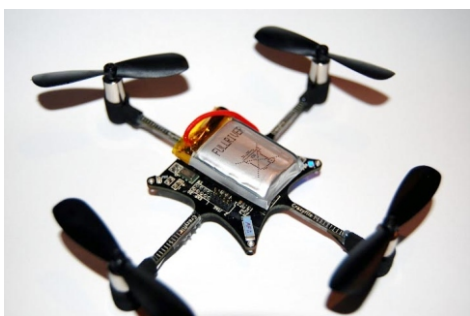
- Понижающий источник питания:
 - Установка порога ограничения выходного тока с точностью 10%
 - Широкий диапазон входных напряжений: 6 ... 36 В
 - Выходное напряжение от 0 до 24 В
- Конфигурируемый массив LDO:
 - Пять допускающих параллельное соединение каналов с выходным током 1.1 А каждый
 - Выходное напряжение, регулируемое в диапазоне 0 ... 24 В с точностью $\pm 2.0\%$
 - Низкий выходной шум: 90 мкВ с.к.з. в полосе частот 10 Гц ... 1 МГц
- Варианты с диапазонами внутренних температур от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ или от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$
- Корпус для поверхностного монтажа BGA размером 15 15 3.42 мм

Исследователи и радиолюбители могут собрать управляемый микросхемами Nordic квадрокоптер размером с ладонь

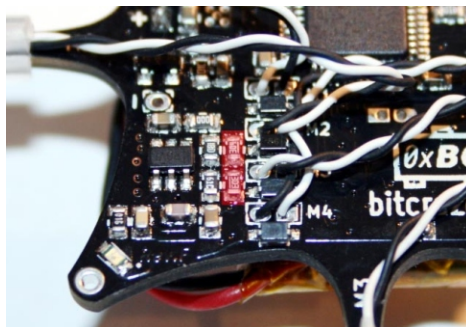
Nordic Semiconductor сообщила, что шведская стартап-компания Bitcraze разработала набор с открытой документацией для самостоятельной сборки миниатюрного четырехвинтового квадрокоптера, ориентированный на широкий круг пользователей — от исследователей до любителей, которые самостоятельно могут заказать, собрать и настроить аппарат.



Набор стоимостью \$149 состоит из компактного, весящего 19 г квадрокоптера, названного Crazyflie, и встраиваемой платы управления с аккумулятором, а также отдель-



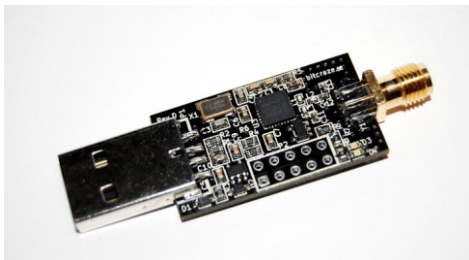
ного USB-адаптера под названием Crazy-radio, совместимого со всеми основными ОС, включая Windows, Linux и OS X, и любым стандартным игровым контроллером для ПК.



Crazyflie, размер которого от винта до винта составляет всего 9 см, настолько мал, что может пролетать под столами и стульями. Он хорошо управляется и отличается очень высокой маневренностью. Квадрокоптер содержит высотомер и автоматическую электронную систему стабилизации положения в пространстве, облегчающие пилотирование по сигналам 3-осевого гироскопа и 3-осевого



акселерометра, входящих в состав микросхемы MPU-6050 компании Invensense, а также дополнительных барометра и магнитометра (плюс \$24 к начальной сумме).



Платформа разработки основана на полностью открытом исходном коде, то есть прошивка и исходный код могут быть скачаны с сайта компании Bitcraze, и каждому вступившему в сообщество пользователю Crazyflie доступны любые изменения программы. Обновленная прошивка также может быть отправлена по беспроводному каналу в загрузчик Crazyflie, не требуя никакого дополнительного оборудования.

В процессе работы приемопередатчик Nordic nRF24LU1+, встроенный в USB-адаптер для ПК, 100 раз в секунду посылает на nRF24L01+ данные для управления движением, включающие задание крена, тангажа, рыскания и тяги. USB-адаптер также может получать данные от Crazyflie, например, телеметрическую информацию.

Сверхнизкое энергопотребление Nordic nRF24L01+ позволяет Crazyflie работать от встроенного компактного литий-полимерного аккумулятора емкостью 170 м·Ач, который в перерывах между полетами можно заряжать через кабель microUSB.

Bitcraze утверждает, что продала более 1300 наборов, и в будущем планирует добавить ряд интересных новых функций и усовершенствований. При этом уже сейчас Crazyflie можно оснастить видеокамерой, светодиодами и беспроводным индуктивным зарядным устройством.

Набор Crazyflie можно заказать напрямую у партнера Bitcraze, китайского производителя оборудования Seeedstudio.

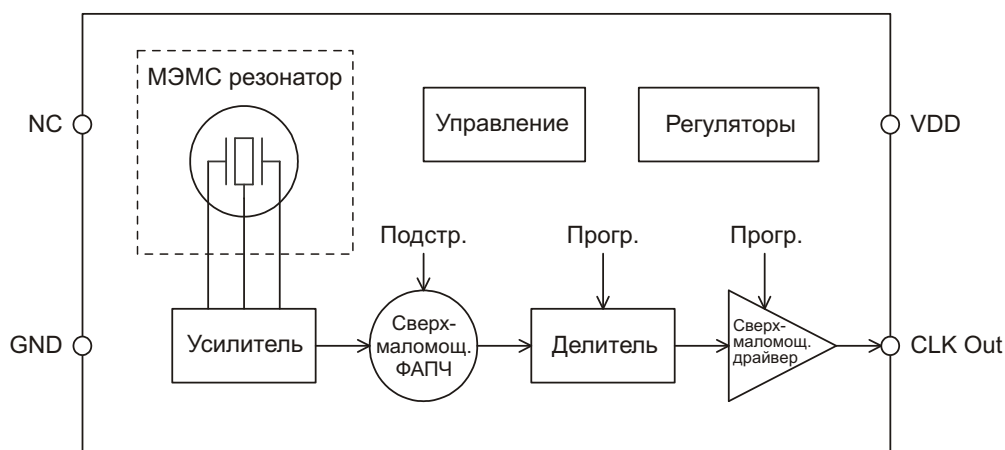
SiTime выходит на рынок смартфонов с первыми МЭМС генераторами

SiTime Corporation представила семейство МЭМС генераторов с частотой настройки 32.768 кГц. Предназначенные для замены традиционных кварцевых резонаторов в таких мобильных устройствах, как смартфоны и планшетные компьютеры, приборы серии SiT15xx позволяют на 85% уменьшить требуемую площадь печатной платы и вдвое сократить потребление энергии. При этом по уровню надежности новые генераторы превосходят приборы на основе кварца в 15 раз.



«Новаторские решения SiTime в области МЭМС и аналоговых схем позволяют совершить революционный скачок в развитии систем синхронизации после десятилетий доминирования кварцевых приборов. Разработчики крупных инфраструктурных проектов и создатели бытовой электроники уже получают прибыль от замечательной комбинации высочайших технических характеристик, низкой цены и высокой надежности наших изделий», – сказал Раджеш Вэшист (Rajesh Vashist), исполнительный директор SiTime. – «Теперь мы даем возможность воспользоваться этими преимуществами стремительно растущему рынку мобильной связи. Упорство и целеустремленность уже позволили нам занять 80% рынка МЭМС устройств синхронизации, а с новым семейством SiT15xx мы продолжим укреплять свое лидерство».

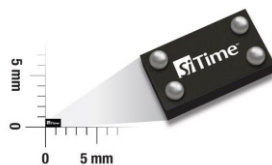
Семейство SiT153x заменяет кварцевые резонаторы и работает от стабилизированного источника питания напряжением от 1.2 до 3.63 В, что прекрасно согласуется с напряже-



Блок-схема генератора SiT1544

ниями батареек типа «таблетка» или ионисторов, используемых в смартфонах в качестве резервных источников. Семейство SiT154x также предназначено для замены кварцевых резонаторов, но рассчитано на нестабилизированное питание от Li-Ion батареи с напряжением от 2.7 до 4.5 В. Некоторые дополнительные характеристики приборов перечислены ниже.

- SiT1532/42 – первые в отрасли МЭМС генераторы с частотой настройки 32.768 кГц в корпусе CSP (корпус по размеру кристалла) с габаритами 1.5 × 0.8 мм
- SiT1533/43 – МЭМС генераторы с частотой настройки 32.768 кГц в корпусе размером 2.0 × 1.2 мм, совместимом по выводам с кварцевыми генераторами
- SiT1534/44 – генераторы с частотой настройки, программируемой в диапазоне 1 Гц ... 32.768 кГц, в корпусах обоих типов (CSP 1.5 × 0.8 мм или 2.0 × 1.2 мм)



Все эти приборы выгодно отличаются от кварцевых резонаторов, прежде всего, следующими особенностями:

- Существенно меньшая площадь, занимаемая на печатной плате: корпус CSP экономит до 85% площади, по сравнению с корпусом 2012, и до 70% по сравнению с

самыми миниатюрными из доступных сегодня кварцевых приборов

- Больше функций на одном кристалле: генератор заменяет кварцевые резонаторы, но не нуждается в нагрузочных конденсаторах, занимает минимальное место на плате и обеспечивает более надежный запуск системы при экстремальных температурах
- Исключительная экономия энергии: типовой ток потребления 0.75 мкА вдвое меньше, чем у эквивалентных изделий на основе кварца
- Наименьшая толщина, идеальная для смартфонов: 0.55 мм
- Лучшая стабильность частоты: ± 20 ppm при комнатной температуре и ± 100 ppm в диапазоне $-40^\circ\text{C} \dots +85^\circ\text{C}$
- Высочайшая механическая стойкость – в 30 раз выше, чем у кварцевых резонаторов
- Более высокая надежность: среднее время наработки на отказ 500 млн. часов – в 15 раз больше, чем для приборов на основе кварца

Семейство SiT15xx найдет применение не только в смартфонах. Генераторы прекрасно подойдут для любого устройства, критичного к размерам и уровню потребляемой мощности – от часов и персональных систем мониторинга физического состояния, до беспроводных клавиатур и компьютерных мышей.

Пока предлагаются инженерные образцы новых приборов. Цены сообщаются по индивидуальным запросам.

Allegro MicroSystems представляет новый 2.5-амперный понижающий преобразователь напряжения с низким током потребления

Соответствует требованиям стандарта AEC Q100 и предназначен для работы в полном диапазоне входных напряжений, типичных для аккумуляторных батарей

Allegro MicroSystems представляет новый импульсный понижающий преобразователь напряжения, обладающий существенной гибкостью в отношении входного напряжения (от 4 до 40 В), частоты переключения (от 250 кГц до 2.4 МГц) и выходного тока (до 2.5 А). Разработанный в соответствии с требованиями к электропитанию автомобильных аудио- и информационно-развлекательных систем следующего поколения, A8580 от Allegro обеспечивает управление и защиту схемы, позволяя создавать регуляторы напряжения с большим выходным током и точностью установки выходного напряжения до $\pm 1.0\%$.



Ключевой особенностью A8580 является возможность использования частотно-импульсной модуляции (ЧИМ) при работе от очень малого входного тока в режиме обеспечения напряжения питания для «поддержания жизни». Это гарантирует потребление

менее тока 50 мкА при входном напряжении 12 В и поддержании на выходе 3.3 В /40 мкА. Также, для поддержания работоспособности вплоть до полного разряда аккумулятора A8580 будет продолжать функционировать даже при снижении входного напряжения до 3.6 В.

Другими особенностями нового устройства являются синхронизация частоты переключения с внешним сигналом и сверхмалый ток потребления в режиме отключения – менее 5 мкА. A8580 имеет выводы подключения внешних цепей компенсации, позволяющие адаптировать схему к широкому диапазону частот и внешних компонентов. При включении питания микросхема генерирует сигнала сброса (NPOR), согласованный с выходным напряжением.

Обширный набор средств защиты включает поимпульсное ограничение тока, переход в режим «икания» при коротком замыкании, защиту от обрыва или пробоя асинхронного диода, защиту от обрыва или короткого замыкания на выводе BOOT, блокировку при недостаточном входном напряжении, защиту выхода от перенапряжения и тепловую защиту.

A8580 доступен в низкопрофильном 16-выводном корпусе TSSOP (с суффиксом LP) с открытым основанием для улучшения теплового обмена.

myIDkey: пароль на кончиках ваших пальцев

Двадцать лет назад достаточно было запомнить два или три пароля. Это были дни, когда всемирная паутина была диким рубежом незащищенных сайтов. В наши дни, однако, пользователь может иметь несколько дюжин сложных паролей, если он серьезно беспокоится о своей онлайн-безопасности. Сегодня существует множество менеджеров паролей, вроде LastPass и 1Password, но флеш-накопитель myIDkey, представленный

компанией Arkamі, добавляет экстра-уровень безопасности сверх всех возможностей, которые предлагают эти менеджеры.



MyIDkey представляет собой USB-накопитель, который с помощью биометрических средств способен безопаснее хранить данные. Для разблокирования этого устройства пользователю нужно сделать свайп по сенсору, и после этого myIDkey покажет ему пароли и регистрационные данные. Это устройство работает с мобильными устройствами и компьютерами.



Как и большинство USB электронных ключей, myIDkey можно подключить к компьютеру, и он автоматически заполнит нужной информацией соответствующие поля. На нем также можно хранить документы и файлы, как на обычном USB-накопителе. Но что

действительно впечатляет, так это функция голосового поиска. Достаточно, например, произнести название банка, и myIDkey выведет соответствующую информацию на OLED-дисплей. Однако не каждый может отдавать голосовые команды и получать информацию. Для начала следует разблокировать это устройство прикосновением пальца.

Если же простого сканирования отпечатка пальца недостаточно для желаемого уровня безопасности, можно добавить последовательность нажатий. Например, чтобы разблокировать этот электронный ключ, пользователю нужно будет сначала отсканировать отпечаток большого пальца, а потом коснуться устройства дважды.

MyIDkey способен работать с приложениями для смартфонов, а также создавать резервные копии данных пользователя в режиме онлайн. Это очень удобно в случае, если такой накопитель потеряется или будет украден. После нескольких неудачных попыток получения доступа, он сотрет все хранящиеся на нем данные. Восстановить данные или загрузить их в новый электронный ключ пользователь может с помощью системы резервного копирования.

Технические характеристики

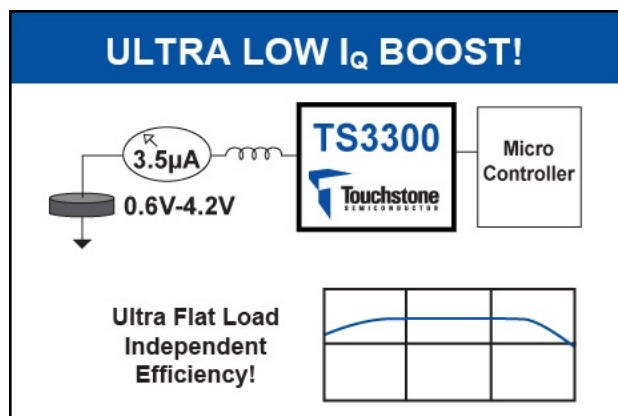
Микроконтроллер	МК компании Atmel с 32-разрядным ядром ARM Cortex-M3
Сканер отпечатков пальцев	Контроллер с цифровым сигнальным процессором и сканером отпечатков пальцев AES1711 компании AuthenTec
Bluetooth	Bluetooth 2.1 + поддержка EDR
Память NAND-флеш	2/8/16 ГБ
Дисплей	Диагональ 0.96", разрешение 128 64
Кнопки	4 кнопки (Вверх, вниз, активация голосовых команд, Вкл/Выкл)
Язык	ASCII (расширенный)
Аккумулятор	Литий-ионный на 240 часов в режиме ожидания
Размеры	78 24 12 мм
Вес	43 г
Диапазон рабочих температур	От -20 до 60 °C
Температура хранения	От -30 до 70 °C

Touchstone выпустила высокоэффективный повышающий преобразователь с LDO регулятором, работающий при входном напряжении от 0.6 В

Компания Touchstone Semiconductor анонсировала свою первую микросхему для управления питанием, объединившую в одном корпусе высокоэффективный повы-

шающий преобразователь и LDO стабилизатор. Прибору присвоено обозначение TS3300. Преобразователь может работать уже при входном напряжении 0.6 В, а при

напряжении 1.2 В на входе и 3 В на выходе отдавать в нагрузку ток не менее 75 мА. Подобных приборов рынок микросхем ранее не видел. Соединив выход преобразователя с входом LDO стабилизатора, можно создать структуру, выполняющую множество полезных функций, в частности, функцию повышающе-понижающего преобразователя. В системах сбора энергии или в схемах буферизации пиковой нагрузки линейный регулятор может служить пострегулятором напряжения, накапливаемого на выходе преобразователя в конденсаторе большой емкости или в ионисторе. Наконец, LDO регулятор может просто использоваться как ключ подключения/отключения нагрузки. Регулятор способен отдавать ток до 100 мА при падении напряжения 225 мВ и втрое сократить пульсации выходного напряжения повышающего преобразователя.



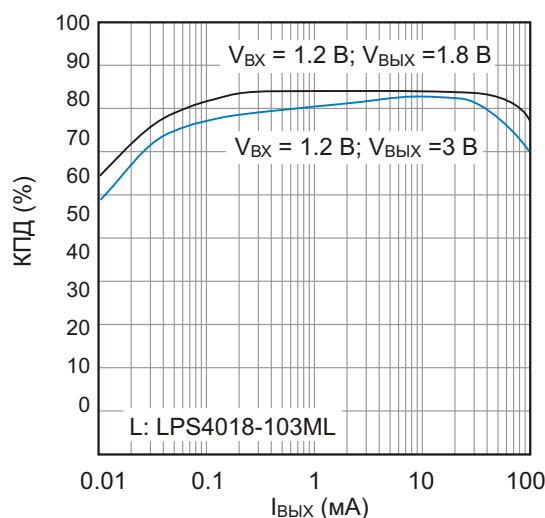
В секцию повышающего преобразователя микросхемы TS3300 заложена специальная функция anti-crush, предотвращающая провалы входного напряжения при глубоком разряде батареи, когда ее выходной импеданс значительно увеличивается. Если напряжение на входе опускается ниже определенного порога, задаваемого внешним резистивным делителем, коммутация силового ключа приостанавливается, эффективно ограничивая минимальное входное напряжение. Функция anti-crush полезна в тех случаях, когда ток, забираемый от накопительного конденсатора на выходе повышающего преобразователя, носит импульсный характер, а входной источник имеет существенное внутреннее сопротивление, что типично для старой батареи или для работы при низких температурах.

Все параметры TS3300 гарантируются в диапазоне температур от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Микросхемы выпускаются в низкопрофильном 16-выводном корпусе TQFN размером 3×3 мм с вскрытым теплоотводящим основанием.

Особенности

- Комбинация маломощного повышающего преобразователя и LDO стабилизатора
- Повышающий преобразователь
 - Входное напряжение: 0.6 ... 4.5 В
 - Выходное напряжение: 1.8 ... 5.25 В
 - КПД: до 84%
 - Ток потребления в отсутствие нагрузки: 3.5 мкА
 - Отдает в нагрузку ток более 100 мА при выходном напряжении 1.8 В и входном напряжении 1.2 В
 - Управление выключением
- Функция anti-crush
 - Предотвращает провалы входного напряжения при большом внутреннем сопротивлении источника питания
- Схема с одной индуктивностью, работающая в режиме прерывистой проводимости с автоматической установкой пикового тока
- LDO стабилизатор
 - Регулируемое выходное напряжение: 1.8 ... 5 В
 - Падение напряжения: 225 мВ при токе 100 мА
- Низкопрофильный 16-выводной корпус TQFN 3×3 мм с улучшенным тепловым сопротивлением



Зависимость КПД повышающего преобразователя от тока нагрузки

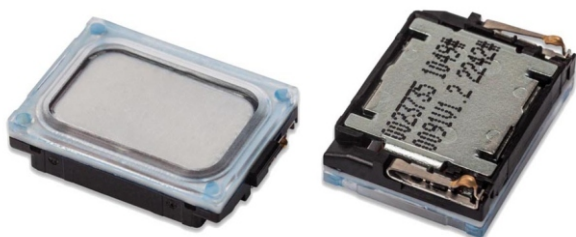
Применение

- Портативное оборудование с питанием от часовых батареек
- Оборудование с питанием от одной литий-ионной или щелочной батареи
- Системы сбора солнечной или механической энергии
- Беспроводные микрофоны
- Беспроводные датчики
- RFID метки
- Глюкометры
- Персональные системы диагностики здоровья.

Knowles начинает производство мощных микродинамиков Cobra

Благодаря кремниевой мембране и высокой акустической отдаче новый динамик размером 11 15 мм обеспечивает исключительную громкость звучания

Австрийская компания Knowles Sound Solutions сообщила о начале производства микродинамиков Cobra, адресованных, в первую очередь, рынку мобильных устройств. Новые миниатюрные устройства отличаются беспрецедентной акустической отдачей, а кремниевый диффузор обеспечивает исключительную громкость звучания и высокую механическую надежность. Одновременно Knowles предложила версию микродинамика с боковым расположением акустического порта, получившую название Cobra Side-fire.



Микродинамики Cobra мощностью 1 Вт созданы для использования в портативных потребительских устройствах, прежде всего, в мобильных телефонах с расширенной функциональностью, смартфонах и планшетных компьютерах. Максимальное звуковое давление 94 дБ позволяет утверждать, что приборы Cobra, фактически, устанавливают новые промышленные стандарты динамиков для мобильных телефонов. При широко распространенных в отрасли размерах 11 15 мм Cobra звучат на 5 дБ громче, чем любые

существующие компоненты такой же площади.

Главной особенностью микродинамиков Cobra является разработанная Knowles кремниевая мембрана с большой допустимой амплитудой деформации и высочайшей надежностью, способная в течение всего срока службы работать при высоких уровнях мощности. Кроме того, мембрана отличается повышенной отдачей на низких частотах, обеспечивающей прекрасную передачу басов.

Одновременно Sound Solutions представила версию динамика Cobra Side-fire, отличающуюся от базового изделия боковым расположением акустического порта. Это проверенное многочисленными тестами акустическое решение даст возможность изготовителям телефонов использовать для вывода звука торцевые поверхности мобильных устройств и, в конечном счете, предложить рынку более тонкие изделия. А для потребителей это означает, что звук телефона не будет заглушаться руками или поверхностью стола.

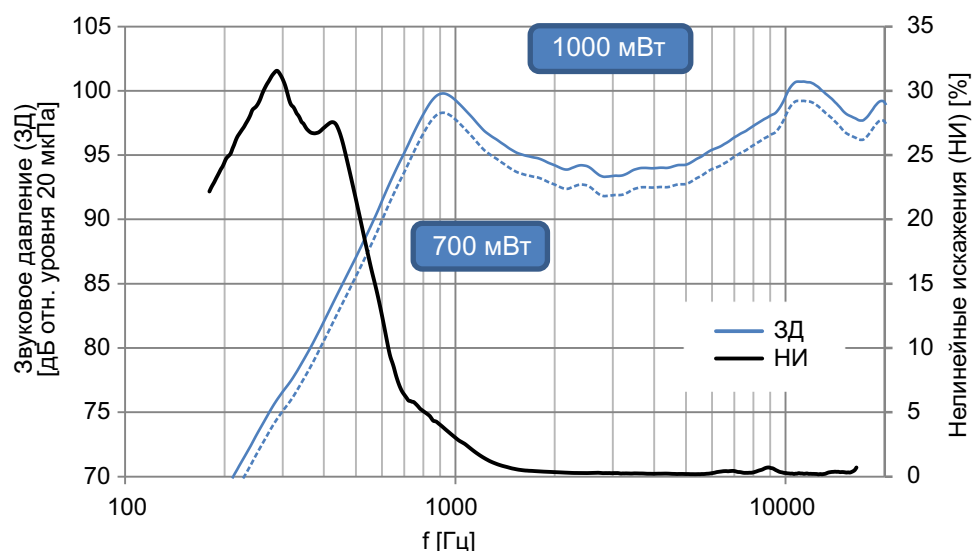
Прочие особенности микродинамиков Cobra

- Доступны версии с классом защиты IPx8 (погружение в воду на глубину 1.5 м в течение 30 мин)
- Устойчивость к температурам до 150 °C
- Конструкция с тройным магнитом уменьшает рассеивание магнитного поля и снижает вероятность прилипания магнитных частиц
- Сопротивление 6 Ом позволяет получать выходную мощность 1 Вт, даже при использовании стандартных чипсетов с выходным напряжением 2.45 В с.к.з.

- Предварительно напряженные пружинные контакты для механической надежности и удобства использования
- Рассчитаны на полностью автоматизированную сборку печатных плат
- 100% заводской контроль всех заявленных акустических и электрических параметров

Специфические особенности динамиков Cobra Side-fire

- Акустическая конструкция телефона не нуждается в дополнительных воздушных каналах
- Динамики с боковым расположением акустического порта могут позволить сэкономить до 2 мм высоты корпуса.



Частотные зависимости звукового давления и коэффициента нелинейных искажений

Cooking Hacks выпустила набор для самостоятельной сборки 3D-принтера

Подразделение Cooking Hacks компании Libelium, специализирующееся в области открытых аппаратных средств, объявило о выпуске нового набора 3D Printer Kit, содержащего все аппаратные компоненты, необходимые для сборки 3D-принтера с нуля, поша-

говую инструкцию и доступ к практическим семинарам.

С набором Cooking Hacks 3D Printer Kit, предназначенным для разработчиков, любителей и энтузиастов самодельщиков, также предлагается профессиональная онлайн-поддержка клиентов по вопросам сборки и настройки.

В основу набора Cooking Hacks 3D Printer Kit положена последняя модель принтера Prusa iT3 и его компоненты, испытанные в лаборатории Libelium. Благодаря поддержке различных стандартов сетевого напряжения и частоты (220/110 В, 50/60 Гц) этот набор может работать где угодно. В набор включены:

- Электронные компоненты: двигатели, драйверы, плата RAMPS, позволяющая печатать с SD-карты, нагревательная платформа, концевой датчик, Arduino Mega, термистор (терморезистор)



- Механические детали: стандартная термоголовка, подшипники, крепеж, направляющие штанги, ремни, шкивы
- Каркас: экструдер, рама, пластмассовые детали
- Инструменты для сборки Особенности:
- Питающее напряжение: 220 или 110 В
- Материалы для печати: 3-мм пластики ABS и полилактид

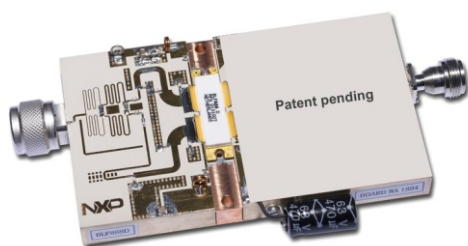
- Примерное время сборки: 8 часов
- Область печати: 20 20 20 см
- Размеры принтера: 34 44 37 см
- Сделан на основе 3D принтера PRUSA ITERATION 3 – IT3

Набор Cooking Hacks 3D Printer Kit уже можно приобрести по цене 650€.

NXP представляет первые в отрасли сверхширокополосные усилители Доэрти

Обеспечение высокоэффективного усиления в радиовещательных передатчиках

Компания NXP Semiconductors объявила о выходе типового варианта разработки сверхширокополосной схемы Доэрти с использованием транзисторов BLF884P и BLF884PS – первого в отрасли широкополосного усилителя мощности Доэрти, способного работать в диапазоне частот от 470 до 806 МГц. Новые разработки на базе технологии LDMOS для ТВ сигналов стандарта DVB-T выходной мощностью 70 Вт, основанные на запатентованной архитектуре NXP и способные работать в исключительно широкой полосе частот, обеспечат радиовещательным передатчикам высокий КПД, свойственный топологии Доэрти.



В то время, как КПД для традиционных УВЧ-технологий, например, класса AB, составляет в лучшем случае только 30%, КПД усилителей мощности на базе схемы Доэрти может достигать 45-50%. Реализации сверхширокополосной схемы Доэрти, основанные на проверенной временем запатентованной NXP передовой 50-вольтовой LDMOS-технологии, а также надежность транзисторов BLF884P и BLF884PS делают их

идеальными приборами для цифровых радиовещательных передатчиков.

«Благодаря использованию опыта компании NXP, а также ряда запатентованных разработок в области архитектуры Доэрти мы смогли создать уникальное решение для сверхширокополосной схемы Доэрти, которое обеспечивает высокую эффективность, не создавая дополнительных затрат или задержек выхода на рынок. Разработав единственную схему Доэрти, мы можем покрыть весь диапазон частот от 470 до 806 МГц. В процессе тестирования первых широкополосных усилителей мощности Доэрти нашим клиентам удалось получить огромный выигрыш в эффективности, что еще более подтвердило правильность нашего подхода», – говорит Марк Мерфи (Mark Murphy), директор по маркетингу, а также подразделения мощной ВЧ-продукции NXP Semiconductors. – Учитывая постоянно нарастающее давление рынка, требующего доставки через телевизионные передатчики все более сложного контента, мы верим, что влияние сверхширокополосных архитектур Доэрти на общем рынке цифрового вещания будет огромным. При средней мощности DVB-T сигнала на уровне 70 Вт типовой вариант разработки сверхширокополосной схемы Доэрти на базе BLF884P/PS как нельзя лучше подходит для применения в телевизионных ретрансляторах».

Доступность

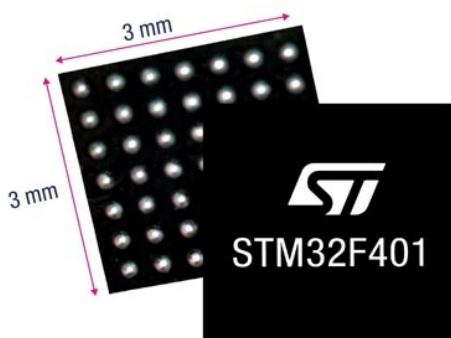
Транзисторы BLF884P и BLF884PS запущены в массовое производство. Для привлеченных клиентов образцы продуктов и

типовые варианты разработки доступны немедленно. Новые сверхширокополосные усилители мощности Доэрти компании NXP, включая готовящееся к выходу решение для

сигналов DBV-T выходной мощностью 110 Вт BLF888D, рассчитанное на использование в более крупных передатчиках, были представлены на IMS 2013.

STMicroelectronics пополнила серию STM32F4 лучшим в своем классе микроконтроллером

В семействе высокопроизводительных микроконтроллеров STM32F4 с 32-разрядным ядром ARM Cortex-M4 и цифровым сигнальным процессором новый STM32F401 является прибором начального уровня. Сниженная по сравнению с другими устройствами серии тактовая частота позволила STMicroelectronics добиться баланса между производительностью, энергопотреблением и степенью интеграции и вывести STM32F401 в лидеры в своем классе. На частоте 84 МГц производительность микроконтроллера достигает 105 DMIPS, потребление тока в активном режиме составляет 137 мкА/МГц, а в режиме останова устройству, в типичном случае, достаточно 11 мкА.



Низкое энергопотребление, миниатюрный корпус размером 3 × 3 мм и возможность работы при температуре до 105 °C делают STM32F401 идеальным решением для меди-

цинских и мобильных приложений, а также для модулей промышленных датчиков.

Благодаря использованию уникального адаптивного ускорителя реального времени (Adaptive Real-Time accelerator) работа STM32F401 с встроенной Flash-памятью объемом 256 КБ не требует циклов ожидания. В устройстве интегрированы 12-разрядный 16-канальный АЦП с быстродействием 2.4 млн. выборок в секунду, 12 коммуникационных портов, включая USB OTG, I²S, I²C и SPI, таймер для управления двигателем, а также несколько таймеров общего назначения.

Обозначение STM32F401 объединяет 10 новых моделей, расширивших серию STM32F4, в которой теперь насчитывается более 90 устройств. Сейчас ведущим OEM-производителям предоставляются образцы новых приборов, а серийное производство начнется в третьем квартале 2013 года. Микроконтроллеры будут выпускаться в корпусах пяти типов: от WLCSP размером 3 × 3 мм до LQFP100 размером 14 × 14 мм. Диапазон цен находится в пределах от \$2.45 за STM32F401CBY6 в корпусе WLCSP49 с 128 КБ Flash-памяти и 64 КБ SRAM до \$3.96 за STM32F401VCH6 в корпусе UFBGA100 с 256 КБ Flash-памяти и 64 КБ SRAM. Цены указаны для промышленных партий при условии покупки не менее 10,000 компонентов в год.

Французская стартап-компания обещает через год выпустить устройства Li-Fi

Li-Fi (Light Fidelity – высокая точность передачи данных с помощью света) является беспроводной технологией передачи данных, о которой впервые объявил Харальд Хаас (Harald Haas) на конференции TED в 2011

году. Теперь парижская компания Oledcomm заявила, что в следующем году выпустит устройства, поддерживающие Li-Fi.

Принцип работы технологии Li-Fi основан на быстром включении и выключении источ-

ника света, в результате чего формируется двоичный код. Вспышки света происходят настолько часто, что человеческий глаз не способен их воспринять. Это позволяет точкам соединения сети Li-Fi выглядеть как обычные светодиодные лампы.



Подключенные к компьютерам или другим интеллектуальным устройствам датчики могут принимать данные, пока они находятся

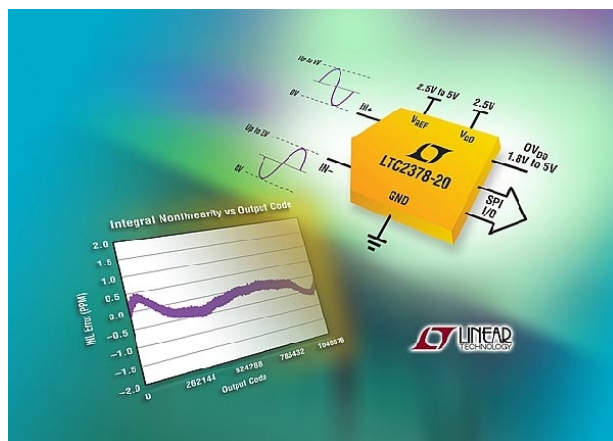
в прямой видимости источника света. Это позволяет применять Li-Fi в очень специфичных областях и, в конечном счете, повысит безопасность соединения, ведь, чтобы украсть информацию, злоумышленнику практически придется сидеть у пользователя на коленях. Также, в отличие от Wi-Fi, технология Li-Fi безопасна для использования в местах, где требуется низкий уровень излучения, например, в кабинетах врачей и самолетах.

Скорость передачи данных по Li-Fi выше, чем в обычной сети Wi-Fi. Oledcomm заявляет, что достигла показателя 3 Гб/с. Хаас также привел аргументы, подтверждающие возможность увеличения скорости до 10 Гб/с в самом ближайшем будущем. Таким образом, тем, кто хочет быстро загружать данные через свою настольную лампу, следует быть в курсе событий, относящихся к устройствам Li-Fi, которые появятся на полках магазинов предположительно в следующем году.

Linear Technology создала революционный 20-разрядный АЦП с частотой дискретизации 1 Msps и интегральной нелинейностью 0.5 ppm

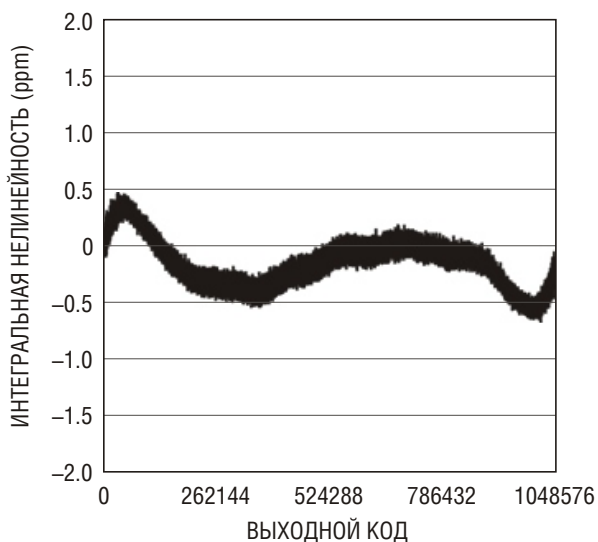
Компания Linear Technology представляет LTC2378-20 – 20-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) последовательного приближения с частотой дискретизации 1 Msps, отсутствием конвейерной задержки и исключительно малой интегральной нелинейностью, типовое значение которой равно 0.5 ppm, а максимальное – 2 ppm. Интегральная нелинейность, отражающая отклонение передаточной функции АЦП от идеальной, является важнейшей характеристикой для точных применений, таких как мониторинг сейсмической активности и производство полупроводников. Поскольку на уровне системы в целом линейность не может быть достигнута при помощи калибровки, интегральная нелинейность АЦП часто определяет общую точность всей системы. LTC2378-20 с лучшим в своем классе показателем интегральной нелинейности открывает новое поколение точных систем с реальной разрядностью 20 бит. Запатентованная технология обеспечивает наиболее стабильное значение интегральной нелинейности не более 2 ppm и уровень суммарных

гармонических искажений не выше –114 дБ среди устройств, работающих в диапазоне от –40 до 85 °С.



LTC2378-20 позволяет достичь лучшего в отрасли соотношения сигнал-шум в 104 дБ для АЦП с частотой дискретизации 1 Msps и отсутствием конвейерной задержки. Широкий динамический диапазон и реальная разрядность 20 бит уменьшают или вовсе устраняют потребность в дополнительном усилении в сигнальной цепи, тем самым, улучшая

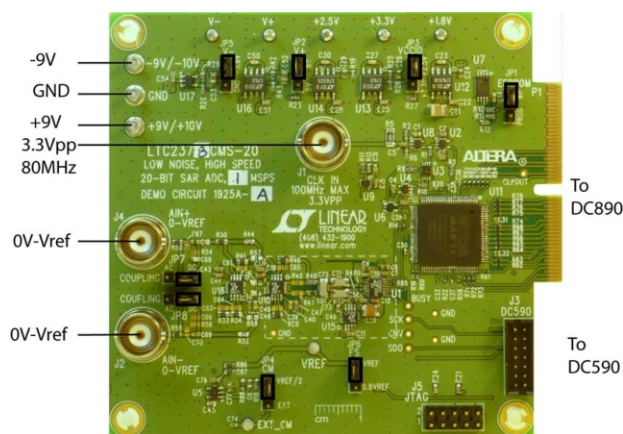
общие показатели системы по точности и шуму. Высокая пропускная способность в 1 Msps в сочетании с отсутствием конвейерной задержки делает возможным использование мультиплексоров, заменив дорогостоящие независимые АЦП с меньшей пропускной способностью, что снизит стоимость и сложность системы в целом.



Зависимость интегральной нелинейности от выходного кода

LTC2378-20 лидирует в семействе совместимых по выводам и программно 20/18/16-разрядных АПЦ последовательного приближения с частотами дискретизации от 250 ksp/s до 2 Msps и интерфейсами SPI. 20-разрядные версии с частотами дискретизации 250 ksp/s (LTC2376-20) и 500 ksp/s (LTC2377-20) были представлены в мае 2013 г. Устройства семейства работают от напряжения 2.5 В, но при наличии внешнего опорного источника 5 В на их полностью дифференциальные входы можно подавать напряжение от -5 В до $+5$ В. При частоте 1 Msps потери мощности составляют 21 мВт и имеют линейную зависимость от частоты дискретизации. В режиме отключения рассеиваемая мощность снижается до 2.5 мВт. В семействе LTC2378-20 реализована уникальная технология цифрового сжатия динамического диапазона усиления, позволяющая сохранить полную разрядность АЦП без использования источника отрицательного напряжения питания и добиться общего снижения потребляемой мощности в цепи обработки сигнала при незначительном ухудшении соотношения сигнал-шум.

Для оценки возможностей микросхемы LTC2378-20 предлагается демонстрационный набор DC1925A. На плате установлен ОУ LT6203, выполняющий функции драйвера АЦП и обеспечивающий работу, как с дифференциальными, так и с несимметричными входными сигналами, а также LTC6655-5 — прецизионный малошумящий маломощный источник опорного напряжения 5 В. Для создания действительно маломощной системы обработки сигналов с цифровым сжатием динамического диапазона усиления в качестве полностью дифференциального драйвера рекомендуется использовать микросхему LTC6362, работающую от однополярного источника 5 В (потребляемый ток 1 мА), которая в сочетании с микросхемой LTC2378-20 и источником опорного напряжения LTC6655-4.096 позволяет получить отношение сигнал-шум вплоть до 100 дБ.



АЦП LTC2378-20, LTC2377-20 и LTC2376-20 доступны в миниатюрных корпусах MSOP-16 и DFN-16 размером 4 мм × 3 мм. Стоимость каждой микросхемы от \$29.50, \$25.50 и \$18.17, соответственно, при покупке от 1000 шт.

Основные характеристики LTC2378-20

- Частота дискретизации 1 Msps
- Типовое значение интегральной нелинейности ± 0.5 ppm
- Гарантированное отсутствие пропуска кодов
- Малая мощность: 21 мВт при частоте дискретизации 1 Msps, 21 мВт при 1 ksp/s
- Типовое отношение сигнал-шум 104 дБ при частоте входного сигнала 2 кГц

- Типовой уровень суммарных гармонических искажений –125 дБ при частоте входного сигнала 2 кГц
- Цифровое сжатие динамического диапазона усиления
- Гарантированная работоспособность до 85 °С
- Однополярное питание 2.5 В
- Полностью дифференциальный вход с диапазоном напряжений $\pm V_{REF}$
- Диапазон опорных напряжений от 2.5 В до 5.1 В
- Отсутствие задержки синхронизации и конвейерной задержки
- Напряжение на цифровых выводах от 1.8 В до 5 В
- SPI-совместимый последовательный интерфейс с поддержкой последовательного соединения нескольких устройств
- Внутренняя синхронизация преобразования
- 16-выводной корпус MSOP или DFN 4 3 мм.

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>

Секреты электронной начинки Chevy Volt

Rick Demeis

EDN

Иногда инженеры получают задания, которые не только обогащают их опыт, но и просто позволяют развлечься. Именно так произошло, когда Джон Скотт-Томас (John Scott-Thomas), менеджер по маркетингу фирмы UBM TechInsights, и Аль Штейер (Al Steier), старший научный сотрудник и «пророк проектов» компании Munro & Associates, недавно разобрали гибридный автомобиль Chevy Volt, чтобы узнать, что же в нем тикает, гудит и шумит, и как проектировщики этой модели уместили все технологии в одном автомобиле. За три дня творческого разбора Chevy Volt они узнали многое об этом автомобиле.

Аккумулятор

Содержащий 288 ячеек литий-ионный аккумулятор Chevy Volt состоит из четырех модулей, расположенных в форме буквы Т, которые находятся под задним сидением и в «туннеле» между передними сидениями. Модули соединены между собой системой шин, а к контактам аккумулятора подсоединена шина сервисного отключения (Рисунок 1). Аккумулятор физически разделен на тонкие блоки, заключенные в пластиковую оболочку, в каждом из которых находится пара ячеек. Внутри пар установлены плоские радиаторы, через которые протекает охлаждающая жидкость. Каждые три ячейки соединены параллельно, образуя 96 групп, которые, в свою очередь, соединяются последовательно. В результате 288 ячеек вырабатывают 360 В при общей емкости аккумулятора 16 кВт ч. Аккумулятор никогда не разряжается и не заряжается полностью, что позволяет продлить срок его службы. Реальная используемая энергия поддерживается на среднем уровне 9.4 кВт ч.



Рисунок 1. Литий-ионный аккумулятор весом 170 кг является сердцем Chevy Volt. Системы и программное обеспечение автомобиля нацелены на поддержание его жизнеспособности в течение максимально возможного времени.

Этот аккумулятор на основе литий-марганцевой шпинели производит компания LG Chem, но GM получила от US Argonne National Lab лицензию на кобальтовые батареи, а это может означать, что уже не за горами использование никель-марганец-кобальтовых аккумуляторов. Контур жидкостного охлаждения батареи является одним из четырех подобных контуров, снабженных собственным контроллером и радиаторным модулем. Остальные три контура предназначены для обслуживания двигателя внутреннего сгорания, двух инверторов мотор-генератора и встроенного силового преобразователя зарядного устройства.

Когда аккумулятор работает при температуре ниже оптимальной, жидкость нагревает его до необходимой температуры, а затем охлаждает во избежание перегрева. Даже когда машина не заведена, управляющая электроника активирует цепь охлаждения с целью предотвращения перегрева аккумулятора в жаркую погоду или переохлаждение в холодную. Таким образом, подключение незаведенного автомобиля к внешнего зарядному устройству позволяет предотвратить истощение батареи в неблагоприятных условиях.

Контур охлаждения аккумулятора присоединяется с помощью хомутов, что явно указывает на далеко не массовый характер производства Chevy Volt. При массовом выпуске использовались бы паяные соединения. На всех болтах, соединяющих части аккумулятора, краской нанесены по три отметки служб технического контроля, показывающих, что сборка была тщательно проверена, чтобы гарантировать качество и работоспособность стоящего \$8000 компонента, являющегося сердцем Chevy Volt.

Средства управления и мониторинга

Аккумуляторная батарея Chevy Volt, как выяснилось в результате демонтажа, имеет одинаково сложные системы управления и

мониторинга, что типично и для всей машины в целом. Скотт-Томас отмечает, что 40% стоимости автомобиля приходится на электронные компоненты, среди которых насчитывается около 100 бортовых микроконтроллеров. Вся эта электронная начинка управляется примерно 10 миллионами строк программного кода. Это больше, чем требуется, например, для управления самолетом Boeing 787 Dreamliner, где весь код умещается в 8 миллионах строк.

Если говорить непосредственно об аккумуляторе, Скотт-Томас отмечает, что почти все в его многочисленных схемах управления подчинено цели продления срока эксплуатации. Для этого производитель предусмотрел стабилизацию температуры батареи в пределах 2 °F и выравнивание зарядов между ячейками. Управляющее программное обеспечение также учитывает такие факторы, как производственный разброс характеристик ячеек и их старение.

Например, контроллеры измеряют напряжение на каждой ячейке в процессе их зарядки. Для того чтобы обеспечить равенство максимальных зарядов на всех ячейках в случае, если одна из них заряжается раньше других, к ней подключается резистивный шунт, предотвращающий излишнее накопления заряда до тех пор, пока не будут заряжены другие ячей-

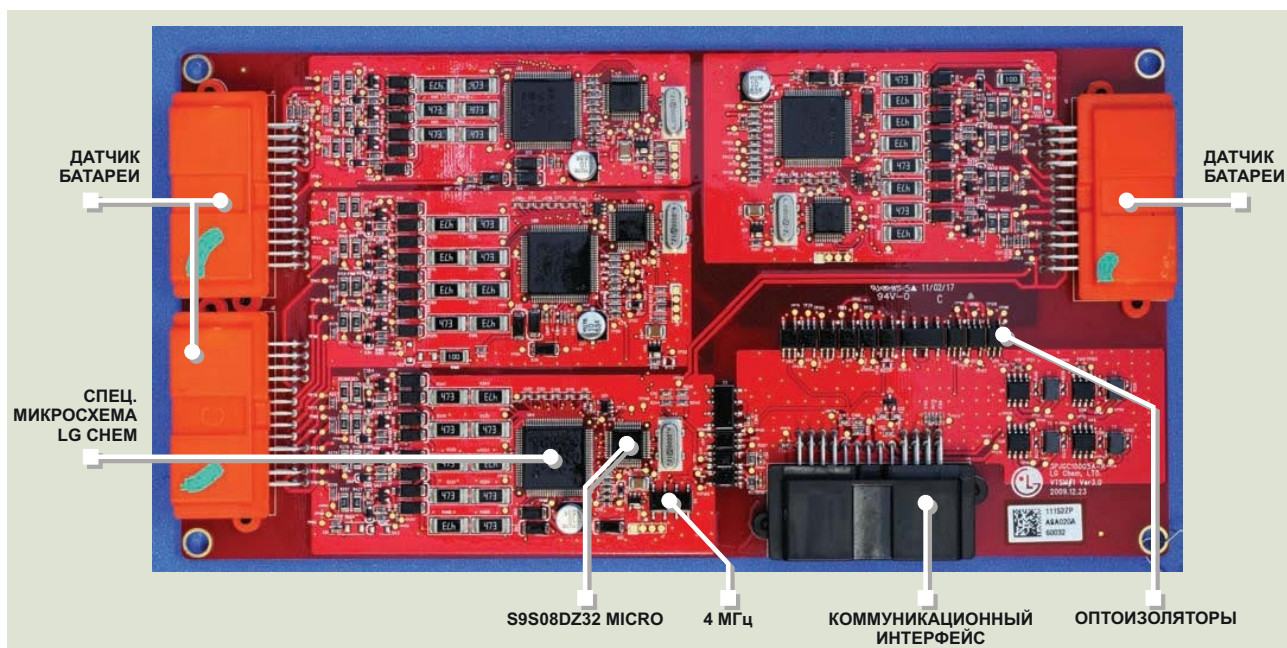


Рисунок 2. На плате интерфейсного модуля и системы мониторинга состояния аккумулятора расположены датчики, измеряющие температуру и напряжение каждой ячейки. Эти данные направляются в кластеры, в которых информация из десяти ячеек оцифровывается и передается в микроконтроллер. Общая шина подключена к основному контроллеру модуля инвертора через оптоизоляторы.

ки. «Трудно оценить уровень системы управления и программного обеспечения», – говорит Скотт-Томас. Контроллеры автомобиля делают 500 диагностических измерений напряжения аккумулятора и температуры с частотой 10 раз в секунду, даже тогда, когда машина выключена.

Модуль интерфейса и мониторинга состояния аккумулятора закреплен на передней части батареи. В нем имеются четыре печатные платы оранжевого цвета, предназначенные для измерения высоких напряжений, по одной на каждую секцию батареи (Рисунок 2). На этих платах установлены микросхемы таких производителей, как Freescale, LG Chem и Sicroelectronics. Чипы компаний LG Chem и Sicro выполнены по технологии CMOS DMOS. Платы для измерения напряжения среднего уровня окрашены в синий цвет, а низкого – в зеленый. Вся продукция тщательно проверяется на протяжении всего производственного цикла; на каждый разъем, соединяющий ячейки, нанесено по несколько отметок служб технического контроля.

Создание хорошей аккумуляторной электроники является сложной задачей. Система должна измерять напряжение на каждой ячейке с точностью до нескольких милливольт, в то время как напряжение на этих ячейках относительно земли может достигать сотен вольт. Эта задача требует повышенного внимания к разводке печатных плат, конфигурации земляных слоев и изоляции. Скотт-Томас отмечает, что разработка автомобиля не завершена, но гибкая и модульная конструкция позволяет легко встраивать новые ячейки, аккумуляторные батареи, электронику и системы управления.

Скотт-Томас и Штейер обнаружили в автомобиле один связанный с аккумуляторной системой модуль, о существовании которого они даже не подозревали. В дополнение к расположенному под приборной панелью стандартному порту системы бортовой диагностики, под передним пассажирским сиденьем они нашли изолированный герметичный модуль. В него записывается диагностическая информация, собираемая при работе системы с аккумулятором и в ходе выполнения «гибридных» операций. Модуль снабжен разъемом, позволяющим специалисту с помощью специального кабеля получить доступ к этой информации.

Система зарядки

Помимо использования рекуперативного торможения аккумулятор запасается энергией за счет зарядки от сети 110 В с помощью прилагаемого зарядного устройства или же, для ускоренной подзарядки, с помощью опционально поставляемой зарядной станции 220 В, устанавливаемой квалифицированным электриком. Компания Lear Corp выпускает работающие от сети 110 В бытовые зарядные устройства, силовая электроника и программное обеспечение которых настолько совершенны, что зарядка не начнется, если пользователь вставит вилку в розетку с плохо выполненным заземлением. Реле зарядного устройства и плата мониторинга связаны с аккумулятором и бортовой системой контроля. Как отмечалось ранее, предназначенная для зарядки аккумулятора бортовая система преобразования сетевого напряжения в постоянное, имеет собственный контур охлаждения.

Зарядное устройство подключается к стандартизированному разъему, расположенному на левом переднем крыле автомобиля. По словам Скотта-Томаса, демонтаж этого интерфейсного модуля показал, что в GM уделяют большое внимание проработке деталей. Высоковольтные компоненты – конденсаторы и синфазный дроссель для надежности и защиты от среды с повышенной вибрацией производитель изолировал лентой и пеной, а обмотки сделал прочными, надежными и механически резервированными.

Штейер обнаружил одну интересную особенность расположения зарядного устройства. Хотя его разъем находится на левом крыле, инвертор зарядного устройства, который питается от этого разъема, располагается под правой фарой. Более того, контроллер бензинового двигателя расположен в левой части автомобиля, а сам двигатель – в правой. Если бы производитель пересмотрел такое расположение элементов, вес машины можно было бы уменьшить за счет сокращения длины проводов.

«Мозги» Chevy Volt

К выходящему как коробка передач обычного автомобиля кожуху, которым закрыты электромотор и генератор, прикреплен охлаждаемый жидкостью модуль инвертора, питающий энергией аккумулятора тяговый

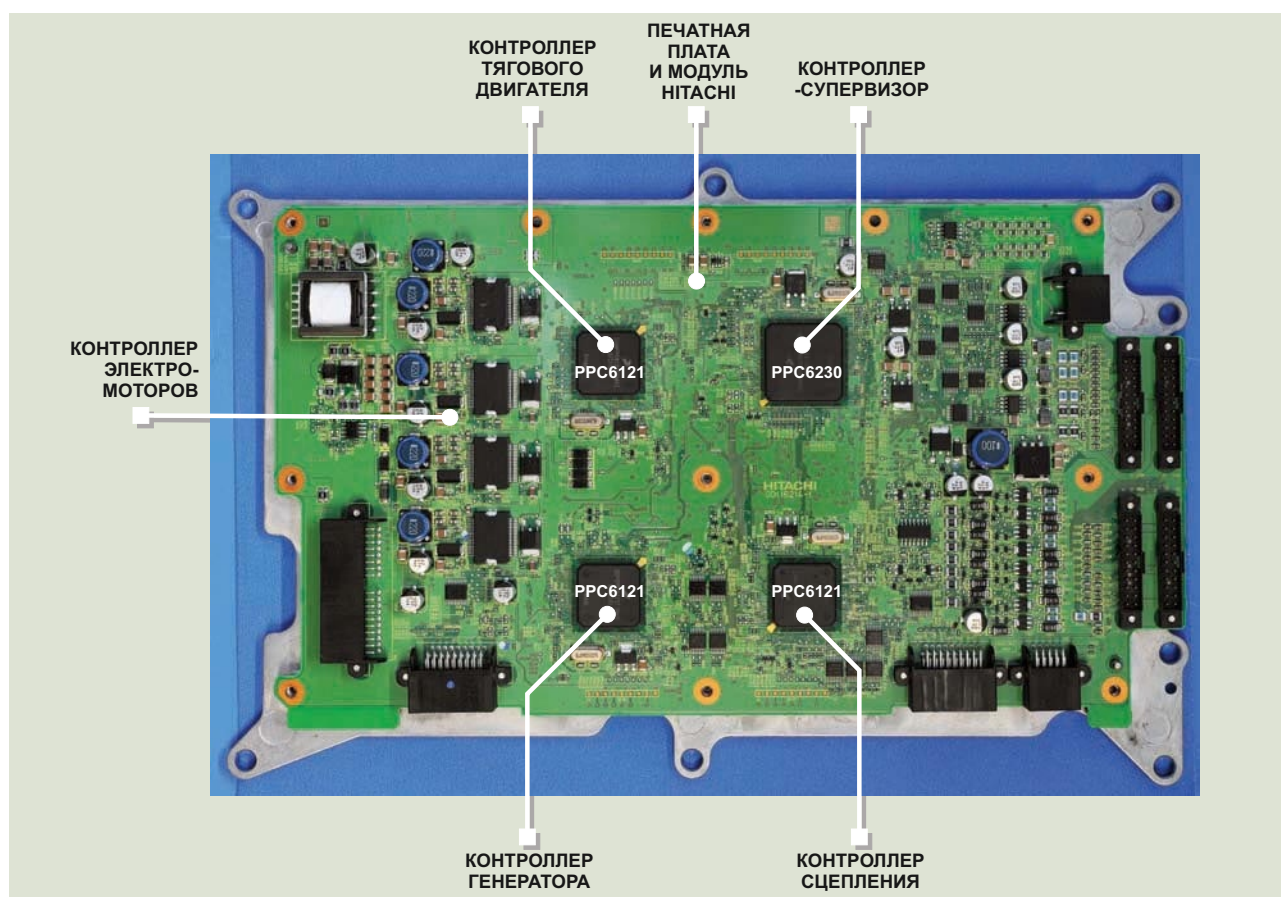


Рисунок 3. Модуль инвертора системы «двигатель-генератор» содержит «мозг» силовой части автомобиля, основными компонентами которого являются один микроконтроллер-супервизор и три микроконтроллера, определяющих рабочее состояние двигателя и системы рекуперации.

двигатель. В целях безопасности подводящие к этому модулю высоковольтные кабели оранжевого цвета могут расцепляться посредством реле. Штейер замечает, что сама крышка модуля также представляет собой разъединитель. По словам Скотта-Томаса, продвигаясь внутрь все глубже, они приближаются к «мозгу» автомобиля (Рисунок 3).

На печатной плате компании Hitachi установлены четыре 32-разрядных микроконтроллера Freescale Qorivva. Скотт-Томас отметил, что на плате достаточно много свободного места, что позволяет в будущем модифицировать ее, изменяя или добавляя новые части схемы. На один из четырех контроллеров возложены функции супервизора, в который поступает информация о скорости автомобиля, числе оборотов колес, ускорении, торможении и состоянии аккумулятора, на основании которой принимается решение о том, какой режим будет наиболее эффективным на текущий момент (Рисунок 4). Принимаемыми решениями могут быть, например, выбор используемой комбинации

выходных сигналов от тягового двигателя и системы двигателя внутреннего сгорания – генератор, момент активации рекуперативного торможения, определение предела восстановления энергии. Из четырех микроконтроллеров супервизор является самым мощным, он имеет 3 Мб флеш-памяти, занимающей половину площади кристалла. Для большей эффективности контроллер также пытается снижать скорости вращения электромоторов. Остальные три микроконтроллера управляют тяговым двигателем, генератором, связанным с двигателем внутреннего сгорания и планетарной коробкой передач.

Прочая электроника

Остальная электроника Chevy Volt, не имеющая отношения к гибридной установке автомобиля, представлена типичными для современных автомобилей устройствами (Рисунок 5). DC/DC преобразователь с воздушным охлаждением с печатной платой компании TDK и микроконтроллером фирмы Renesas вырабатывает 12 В для питания стандартных

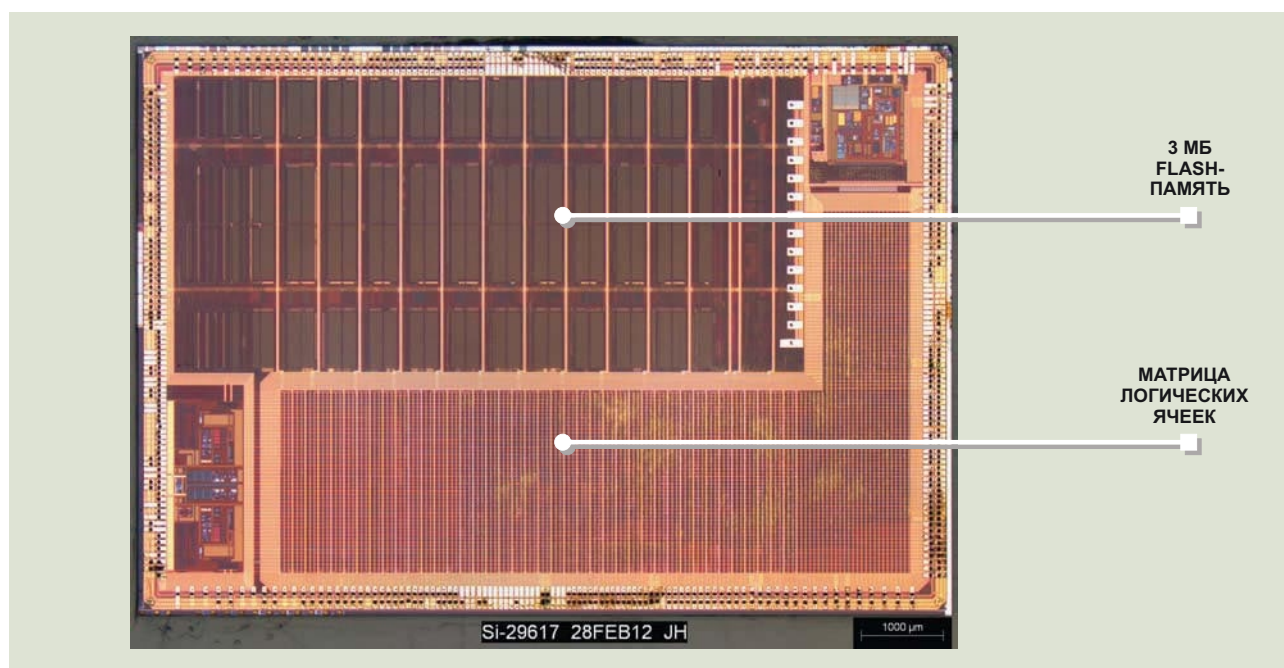


Рисунок 4. Контроллер-супервизор инвертора является центром гибридной архитектуры Chevy Volt. Он определяет текущее состояние силового агрегата автомобиля.

систем автомобиля, управляющих дверями, светом, навигацией и звуком, а также для зарядки вспомогательного аккумулятора 12 В.

В процессе разбора центральной панели была обнаружена плата коммуникационного модуля компании LG, содержащая контроллер памяти Freescale и флеш-память фирмы

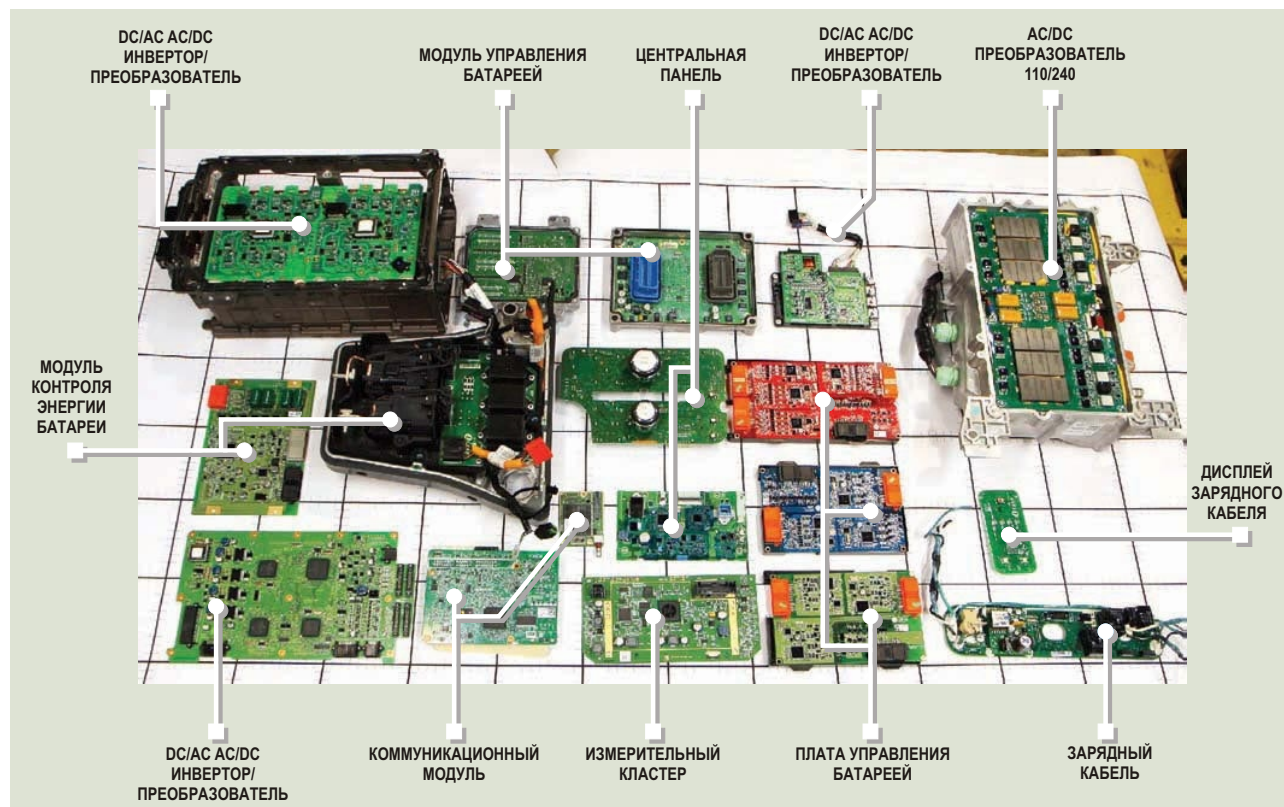


Рисунок 5. Примерно три четверти из 18 электронных модулей предназначены для управления функциями гибридной силовой установки.

Spansion. Скотт-Томас отметил, что печатные платы информационно-развлекательной системы находятся на приличном расстоянии друг от друга. Там достаточно свободного места, но не так много необходимой вычислительной мощности, поэтому некоторые микросхемы выполняют несколько функций. Кроме того, достаточное расстояние между

резистивно-сенсорными переключателями передней панели поможет водителю не ошибаться при выборе требуемой функции.

Будет интересно наблюдать, как и насколько быстро эта расширяемая гибридная платформа станет развиваться в течение ближайших лет с учетом потребностей и пожеланий владельцев автомобиля.

Анатомия демонтажа автомобиля

Перед тем, как начать демонтаж по заказу Munro & associates, Аль Штейер, старший научный сотрудник компании, прочел всю документацию на этот автомобиль, какую только смог найти. При разборе гибридных и электромобилей первым делом необходимо обезопасить людей, найдя блок, отключающий линии высокого напряжения. Он документировал каждый шаг, деля фотографии компонентов во всех возможных ракурсах до и после их удаления, пытаясь представить себе все этапы производственного процесса и определить типы использованных материалов. Штейер идентифицировал установленные на печатных платах компоненты и их производителей. При отсутствии опубликованных данных об использованных стандартных и специализированных ИС, он выпаивал микросхемы, чтобы определить объем их памяти.

Chevy Volt, как и любой другой автомобиль, поставили на демонтаж прямо от дилера – с полным бензобаком. Скотт-Томас и Штейер оставили системы включенными, чтобы разрядить литий-ионный аккумулятор до того, как начать разборку автомобиля. Но программа управления приняла решение о включении обычного двигателя, чтобы пред-

отвратить полный разряд аккумулятора. Тогда инженеры решили опустошить бензобак, а также оставить включенными свет, радио и все остальное, что, в конечном итоге, разрядило бы 12-вольтовый аккумулятор. Высоковольтная система перезаряжала аккумулятор всю ночь – программное обеспечение системы не давало ему полностью разрядиться, – и только после того, как бензина осталось на 35 миль, аккумулятор разрядился через мощный резистор.

Ранее Штейеру доводилось разбирать гибрид Toyota Prius, и теперь он обнаружил некоторые различия между Prius и Volt. Например, как гибридный авто с зарядкой от электросети, Chevy Volt имеет дополнительный модуль инвертора зарядного устройства. Кроме того, в Volt установлена литий-ионная аккумуляторная батарея, тогда как в Prius – никель-металл-гидридная. Для управления температурным режимом гибридной силовой установки в Volt применяется жидкостное охлаждение, а в Prius – воздушное. Помимо этого, если в Chevy Volt использованы элементы довольно широкого круга производителей электроники, то в Prius были обнаружены, в основном, компоненты компании Toyota. **РЛ**

Миллиметровые волны раздвинут границы будущих беспроводных технологий

Часть 1

Lou Frenzel

Electronic Design

Современные технологии, наконец, сделали миллиметровые волны пригодными для практического использования, позволив беспроводным средствам связи продолжить развитие прежде, чем был исчерпан доступный спектр

Миллиметровый диапазон занимает спектр частот от 30 до 300 ГГц. Он находится между СВЧ (от 1 до 30 ГГц) и инфракрасным диапазоном, который иногда также называется областью крайне высоких частот (КВЧ). Длина волны (λ) находится в диапазоне от 1 до 10 мм. Когда-то эта часть спектра, по существу, не использовалась, просто потому, что электронных компонентов, способных генерировать или принимать миллиметровые волны, было очень мало, а может быть, и не было вовсе.

Но за последние примерно десять лет все изменилось. Миллиметровые волны теперь практичны и доступны для использования, им находят все больше новых областей применения. Самое полезное заключается в том, что они «разгрузили» нижние частоты и реально расширили границы возможностей средств беспроводных коммуникаций (см. Таблицу 1). Если мы станем увеличивать частоту еще больше, то уже начнем использовать свет.

Доводы за и против

Миллиметровые волны расширяют пригодный для использования спектр. Сегодня диапазон от постоянного тока до СВЧ (30 ГГц) почти израсходован. Правительственные учреждения всего мира заняли все «хорошие» части спектра, и уже наблюдаются его

нехватка и связанные с этим конфликты. Развитие услуг сотовой связи, использующих технологии 4G, вроде LTE, зависит от доступности необходимой части спектра. И проблема в том, что ее недостаточно.

В результате спектр стал похож на элитную недвижимость – он стал дорогим. И выражение «location, location, location», которое в английском языке говорит о важности местоположения жилья при его выборе, становится применимым для спектра. Миллиметровые волны частично решили проблему, предоставив больше возможностей для расширения.

Таблица 1. Диапазоны сантиметровых и миллиметровых волн

Обозначение	Диапазон частот
L	1 ... 2
S	2 ... 4
C	4 ... 8
K _u	12 ... 18
K	18 ... 26.5
K _a	26.5 ... 40
Q	30 ... 50
U	40 ... 60
V	50 ... 75
E	60 ... 90
W	75 ... 110
F	90 ... 140
D	110 ... 170

Теперь можно взять всю используемую полосу частот от постоянного тока до СВЧ и поместить ее в нижнюю часть миллиметровой области, при этом в запасе еще останется 240 ГГц.

Миллиметровые волны также позволяют передавать цифровые данные с более высокой скоростью. Сейчас скорость передачи по беспроводным каналам в СВЧ диапазоне и ниже ограничена 1 Гб/с. В миллиметровом диапазоне она может достигать 10 Гб/с и более.

Плохая новость заключается в том, что хотя эта часть спектра расширяет возможности, она не может использоваться для всех типов беспроводных приложений. У нее есть свои ограничения. Преодоление этих недостатков было главной задачей на пути к тому, чтобы сделать миллиметровые волны практичными и пригодными для использования. И это время настало.

Одним из основных препятствий на пути к использованию миллиметровых волн является ограниченная дальность их распространения. Законы физики говорят, чем короче длина волны, тем меньше дальность передачи при заданной мощности. При разумных уровнях мощности во многих случаях это ограничение не позволяет увеличивать расстояние более, чем до 10 м.

Потери в свободном пространстве (в дБ) рассчитываются по следующей формуле:

$$L = 92.4 + 20\log(f) + 20\log(R)$$

Здесь

R – расстояние между передающей и приемной антеннами в пределах прямой видимости, выраженное в км,

f – частота в ГГц.

Например, потери на расстоянии 10 м при частоте 60 ГГц составят:

$$L = 92.4 + 35.6 - 40 = 88 \text{ дБ}$$

Разработчики могут уменьшить эти потери за счет лучшей чувствительности приемника, высокой мощности передатчика и большего коэффициента усиления антенны.

Кроме того, миллиметровые волны поглощаются атмосферой, что также ограничивает дальность их распространения. Дождь, туман и любая влага в воздухе очень сильно увеличивают затухание сигнала, сокращая расстояние передачи. Поглощение радиоволн кислородом (O_2) особенно велико на частоте 60 ГГц (Рисунок 1). Поглощающая способность воды (H_2O) максимальна при других значениях. Выбор частот, соответствующих гладким участкам кривой, позво-

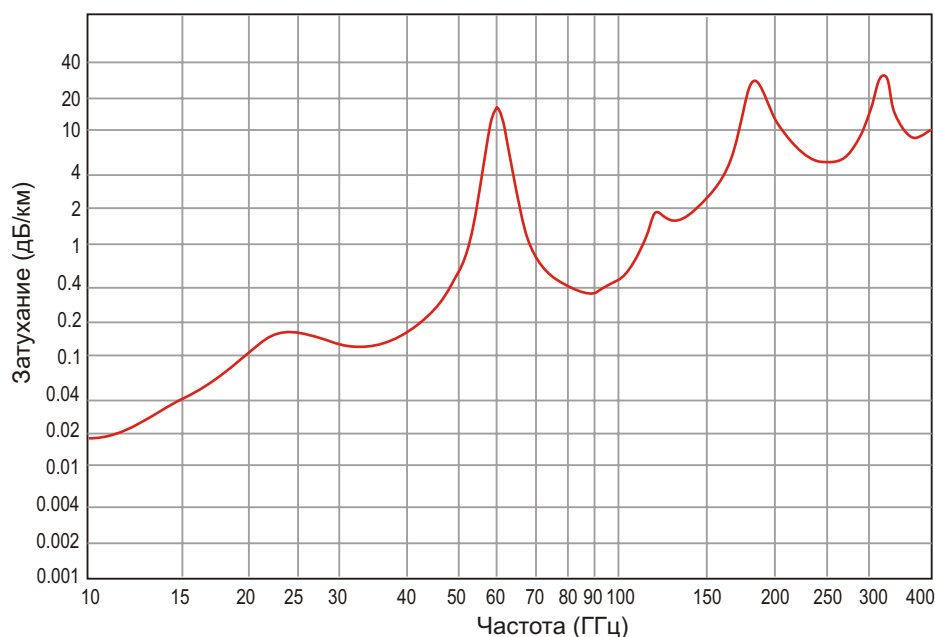


Рисунок 1. Построенный в логарифмическом масштабе график зависимости от частоты величины затухания сигнала, распространяющегося на уровне моря при температуре 20°, показывает значительное поглощение кислородом (в области 60 ГГц) и водой (другие пики).

ляет минимизировать потери. Кроме того, антенные решетки с высоким усилением могут повысить эффективную мощность излучения, значительно увеличив дальность связи.

На самом деле, небольшая дальность распространения может быть преимуществом. Например, это снижает помехи от других близлежащих радиостанций. Способствуют уменьшению помех и антенны с большим усилением, характеризующиеся высокой направленностью. Такие антенны с узкой диаграммой направленности увеличивают мощность и дальность передачи. Кроме того, они обеспечивают защиту от перехвата сигналов.

Еще одним преимуществом являются малые размеры оборудования, работающего на миллиметровых волнах. Микросхемы всегда позволяли создавать миниатюрные устройства, а в миллиметровом диапазоне и сами антенны можно уменьшить до размеров микросхемы. Обычный полуволновый вибратор, предназначенный для работы на частоте 900 МГц, имеет длину 15 см, но полуволновая антенна для частоты 60 ГГц, может иметь длину всего 2.5 мм в свободном пространстве, или даже меньше, если будет изготовлена на диэлектрической подложке. Это означает, что вся конструкция радио, включая антенну, может быть очень компактной. На подложке микросхемы несложно создать фазированную антенную решетку с большим количеством элементов, которая будет способна направлять и фокусировать энергию для увеличения коэффициента усиления, мощности и расстояния передачи.

Непростой задачей является также создание схем, способных работать на частотах миллиметрового диапазона. Но благодаря таким полупроводниковым материалам, как германид кремния (SiGe), арсенид галлия (GaAs), фосфид индия (InP) и нитрид галлия (GaN), а также новым технологическим процессам, изготовление транзисторов субмикронного размера, работающих на таких частотах, вполне возможно.

Области применения

Передача видеосигналов требует огромной пропускной способности и, соответственно, высочайшей скорости передачи данных. Для трансляции видео высокой четкости формата 1080p требуется скорость во много гига-

бит в секунду. Если же до передачи использовать сжатие сигнала, то скорость может быть снижена. В этом случае будет достаточно нескольких сотен Мб/с, но пострадает качество изображения.

Сжатие всегда ухудшает качество, но зато позволяет использовать для передачи такие доступные беспроводные стандарты, как Wi-Fi 802.11n. Пропускная способность стандарта 802.11ac, которому выделена полоса 5 ГГц, существенно выше, и теперь обеспечивает гигабитные скорости передачи данных. Технологии миллиметровых волн делают гигабитные скорости обычными и сравнительно легко достижимыми, что позволяет говорить о передаче несжатого видео, как о реальности.

Распространенные приложения включают в себя передачу видеосигнала от ресивера цифрового ТВ к телевизору HDTV, передачу между DVD-плеером и телевизором или от игровой приставки к телевизору. Видео также может быть отправлено с ПК или ноутбука на монитор или док-станцию. Сегодня также популярна передача сигналов с ноутбуков или планшетов на телевизоры HDTV. Среди других приложений можно упомянуть беспроводные проекторы высокой четкости и беспроводные видеокамеры. Технологии миллиметровых волн позволяют организовать передачу данных по беспроводному каналу, используя протоколы таких популярных видеоинтерфейсов, как HDMI 1.3 или DisplayPort 1.2. Технология применима также и к беспроводной версии PCI Express.

В настоящее время наблюдается интерес к внедрению беспроводной версии USB 3.0. Этот интерфейс начинает занимать ведущее место не только в ПК и планшетах, но и в телевизорах и других потребительских устройствах. Согласно спецификации USB 3.0, максимальная скорость передачи данных составляет 5 Гб/с; в реальных приложениях достигается 80% от этого значения. Прорабатывается также версия USB, работающая со скоростью 10 Гб/с. Согласитесь, как неплохо иметь USB-адаптер миллиметрового диапазона, способный обеспечить такие скорости.

Из других областей применения оборудования миллиметрового диапазона можно отметить концентраторы беспроводных базовых станций, РЛС ближнего действия и ска-

неры в аэропортах. Интересной сферой применения потенциально могут быть беспроводные соединения «плата-плата» или «микросхема-микросхема». На частотах миллиметрового диапазона кабели, разъемы и даже короткие дорожки печатной платы являются источниками ослабления сигнала. Организация короткой (несколько дюймов или меньше) беспроводной связи решает эту проблему.

Сейчас много внимания привлекает нелицензируемый ISM-диапазон (диапазон для промышленных, научных и медицинских устройств), занимающий частоты от 57 до 64 ГГц. Он уже используется для беспроводных концентраторов, а в дальнейшем ожидается его более широкое использование. Предполагается, что этот диапазон будет востребован также стандартами беспроводной связи малой дальности IEEE 802.11ad и WirelessHD.

IEEE 802.11ad WiGig

Обозначение 802.11ad является расширением введенного IEEE (Институт инженеров по электротехнике и электронике) популярного семейства стандартов беспроводных локальных сетей 802.11, известных как Wi-Fi. Версия 11ad предназначена для 60-гигагерцового диапазона. Она совместима со всеми предыдущими версиями, включая 11a/b/g/n/ac, поскольку уровни управления доступом к среде (MAC) у них схожи. 11ad также известна под коммерческим названием WiGig. Альянс Wireless Gigabit (WiGig) Alliance поддерживает и продвигает 11ad и недавно объявил о планах по консолидации Wi-Fi Alliance под брендом Wi-Fi Alliance.

WiGig использует нелицензируемый 60-гигагерцовый ISM-диапазон с полосой частот от 57 до 64 ГГц, разделенный на четыре участка по 2.16 ГГц. Основная схема модуляции, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM), может обеспечить скорость передачи данных до 7 Гб/с, что делает эту беспроводную технологию одной из самых высокоскоростных. Стандарт также определяет режим с одной несущей, который потребляет меньше энергии и лучше подходит для некоторых портативных устройств. Режим с одной несущей может обеспечить скорость до 4.6 Гб/с. На обеих скоростях

можно передавать несжатое видео. Также спецификация WiGig предусматривает средства обеспечения безопасности посредством использования алгоритма шифрования AES.

На частоте 60 ГГц, благодаря небольшим размерам, для усиления сигнала и увеличения дистанции передачи обычно используются направленные антенны. Типичная максимальная дальность связи составляет 10 м. В изделиях WiGig используются антенные решетки, обеспечивающие управление формой луча. Такое адаптивное формирование диаграммы направленности позволяет отслеживать путь луча между передатчиком и приемником, чтобы избежать препятствий и максимально увеличить скорость, даже при изменении окружающих условий.

Одной интересной особенностью стандарта является использование уровня адаптации протокола (Protocol Adaptation Layer – PAL). Эта программная структура взаимодействует с MAC-уровнем и позволяет осуществить упрощенную беспроводную реализацию других высокоскоростных стандартных интерфейсов, подобных USB, HDMI, DisplayPort и PCI Express.

Компания Wilocity, основной производитель радиоустройств WiGig, выпускает однокристалльные трансиверы диапазона 60 ГГц. Чаще всего они используются в сочетании со стандартными решениями 802.11n. Например, такую микросхему Qualcomm Atheros устанавливает на одной плате со своим трансивером AR9642 стандарта 802.11n, в



Рисунок 2. Сочетание микросхемы стандарта 802.11n компании Qualcomm Atheros и трансивера диапазона 60 ГГц компании Wilocity образует трехдиапазонный модуль, который может использоваться в горячих точках доступа, роутерах и других устройствах беспроводных сетей.

итоге получается модуль, способный работать в трех основных диапазонах Wi-Fi – 2.4, 5 и 60 ГГц (Рисунок 2). У Wilocity также имеется договоренность об использовании своих устройств в Wi-Fi трансиверах компании

Marvell. Сегодня в беспроводных локальных сетях, роутерах и горячих точках доступа все чаще используются три диапазона, одним из которых может быть диапазон стандарта 11ac. **РЛ**

Подавление низкочастотных помех в системах автоматического управления

Часть 2

Окончание. Начало в номере 04-2013

Михаил Русских

Аналоговый режекторный фильтр может быть создан несколькими способами. С учетом современных тенденций схемотехники, желательна реализация на микроэлементной базе. В связи с этим катушки индуктивности и конденсаторы достаточно большой емкости не должны присутствовать в схеме. В этом случае подойдет схема режекторного фильтра на основе гиратора (Рисунок 9), который благодаря инверсии импеданса позволяет обойтись без катушек индуктивности.

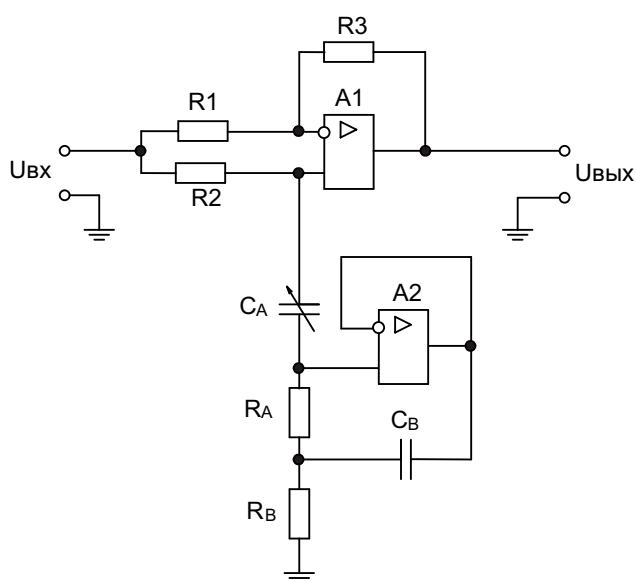


Рисунок 9. Принципиальная схема режекторного фильтра на основе гиратора.

Частота режекции здесь равна:

$$f = \frac{1}{2 \sqrt{R_A R_B C_A C_B}} \quad (4)$$

Если задаться $R_1 = R_3 = 500 \text{ кОм}$, $R_2 = 250 \text{ кОм}$, $R_A = R_B = 100 \text{ кОм}$, $C_A = 50 \text{ нФ}$, $f = 2500 \text{ Гц}$, то значение емкости C_B , преобразовав (4), можно определить как:

$$C_B = \frac{1}{4 \cdot 9.9 \cdot (2500)^2 \sqrt{100 \cdot 100 \cdot 50}} \quad (5)$$

451 нФ

Также существует настраиваемый режекторный фильтр Роберта Пиза, изображенный на Рисунке 10.

Частота режекции для этой схемы равна:

$$f = \frac{1}{2 C_0 \sqrt{\frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_3}}} \quad (6)$$

Аналогично предыдущей схеме, задавшись $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ кОм}$, $f = 50 \text{ Гц}$, преобразовав (6), находим $C_0 = 46 \text{ нФ}$.

Развитие средств управления выдвигает на передний план задачу цифровой реализации режекторного фильтра. Для этого набо-

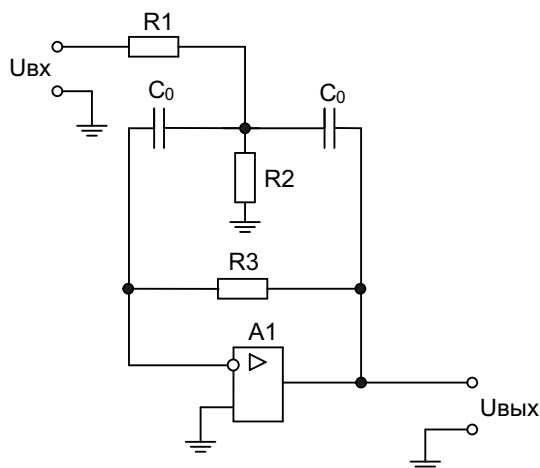


Рисунок 10. Принципиальная схема режекторного фильтра Роберта Пиза.

ром математических выражений надо описать его работу в составе системы управления, которая, в данном случае, является непрерывной, поскольку не содержит нелинейных элементов. В целом, синтез непрерывных систем управления основывается на их описании обыкновенными дифференциальными уравнениями в форме Коши, где, в общем случае, для многомерного элемента каждая входная переменная связана с каждой выходной переменной. Если взаимосвязи по всем каналам линейны или линеаризованы, то в общем случае многомерный элемент можно описать системой неоднородных дифференциальных уравнений. Систему можно записать более компактно в виде одного векторного дифференциального уравнения. Векторное дифференциальное уравнение в форме Коши, отражающее динамические свойства многомерного линейного объекта, является уравнением состояния и используется в качестве математической модели при моделировании методами пространств состояний.

Синтезировать систему можно различными методами, которые делят на две группы:

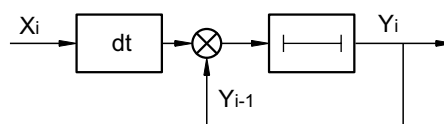


Рисунок 11. Структурная схема интегратора по методу Эйлера.

методы численного интегрирования дифференциальных уравнений и матричные методы, основанные на расчете переходной матрицы состояния. Благодаря относительной простоте применения и широкому распространению в литературе чаще используют методы численного интегрирования. При этом, в данном случае, вместо методов численного интегрирования высокого порядка, например метода Рунге-Кутты четвертого порядка или Кутты-Мерсона четвертого порядка, целесообразно применить экономичный, как в плане используемой памяти, так в плане времени выполнения, метод Эйлера первого порядка.

Базовая операция интегрирования, реализованная по методу Эйлера первого порядка, будет выглядеть следующим образом:

$$Y_i = X_i \, dt + Y_{i-1} \quad (7)$$

Структурная схема, соответствующая данной операции, представлена на Рисунке 11.

Как видно из формулы (7), при выполнении операции интегрирования основным фактором, влияющим на выходную величину, является шаг дискретизации dt , который в цифровых системах можно определить, считывая один раз за цикл значение таймера. Величина с индексом i определяет сигнал на текущем шаге интегрирования, а с индексом $i-1$ – на предыдущем.

Поскольку в формуле (1) $W(p)$ представляет собой отношение выходного сигнала $Y(p)$ к

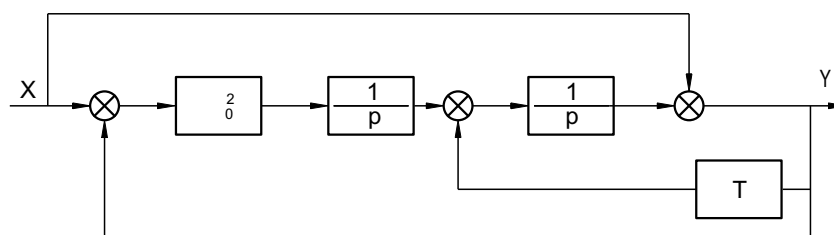


Рисунок 12. Структурная схема режекторного фильтра.

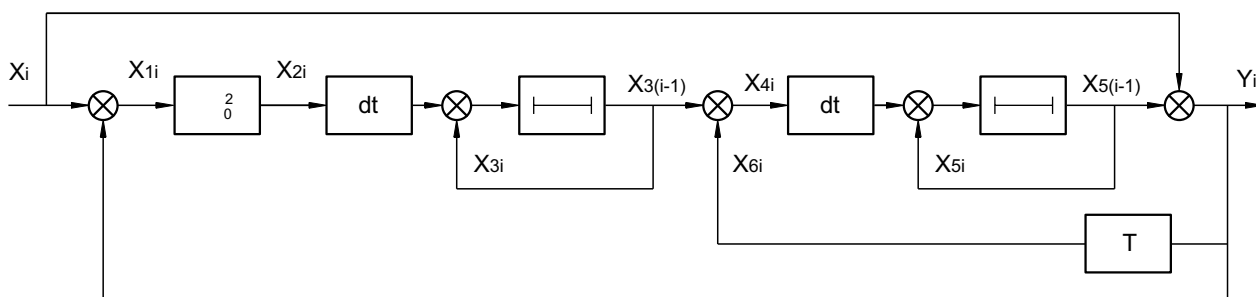


Рисунок 13. Структурная схема режекторного фильтра, расписанная по методу Эйлера.

входному $X(p)$, то с учетом замены $T = 0(1/Q)$ получим:

$$\frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{p^2 - \frac{2}{0}}{p^2 - T p - \frac{2}{0}} \quad (8)$$

Произведя несложные математические преобразования, выразим $Y(p)$:

$$Y(p) = X(p) \left(\frac{1}{p} - \frac{\frac{2}{0}}{p} \right) X(p) - T Y(p) \quad (9)$$

В соответствии с уравнением (9) составим структурную схему (Рисунок 12).

С учетом формулы (7) и Рисунка 11 схема приобретает вид, показанный на Рисунке 13.

На основе полученной структурной схемы составим систему численных выражений, которая будет описывать режекторный фильтр в цифровом виде:

$$\begin{aligned} X_{1i} &= X_i - Y_i \\ X_{2i} &= \frac{2}{0} X_{1i} \\ X_{3i} &= t X_{2i} - X_{3(i-1)} \\ X_{4i} &= X_{3(i-1)} - X_{6i} \\ X_{5i} &= t X_{4i} - X_{5(i-1)} \\ X_{6i} &= T Y_i \\ Y_i &= X_{5(i-1)} - X_i \end{aligned} \quad (10)$$

Как видим, входящие в систему (10) выражения не содержат операций деления, требующих достаточно больших вычислительных ресурсов, поэтому фильтр вполне может быть реализован на маломощных микроконтроллерах.

В современных высокопроизводительных цифровых системах управления реализация даже двух режекторных фильтров не является слишком ресурсозатратной задачей. Но в

дешевых или старых немодернизированных системах, где используются относительно устаревшие средства вычисления и управления, или устройства с ограниченными вычислительными возможностями, например микроконтроллеры с низкой тактовой частотой, такая задача может повлиять на производительность. В таком случае можно использовать приведенный на Рисунке 14 алгоритм адаптивной фильтрации, который встраивается в основной цикл программы и подключает фильтр лишь при обнаружении помехи. При этом для того, чтобы скомпенсировать «просадку» производительности, на время работы фильтра могут быть отключены

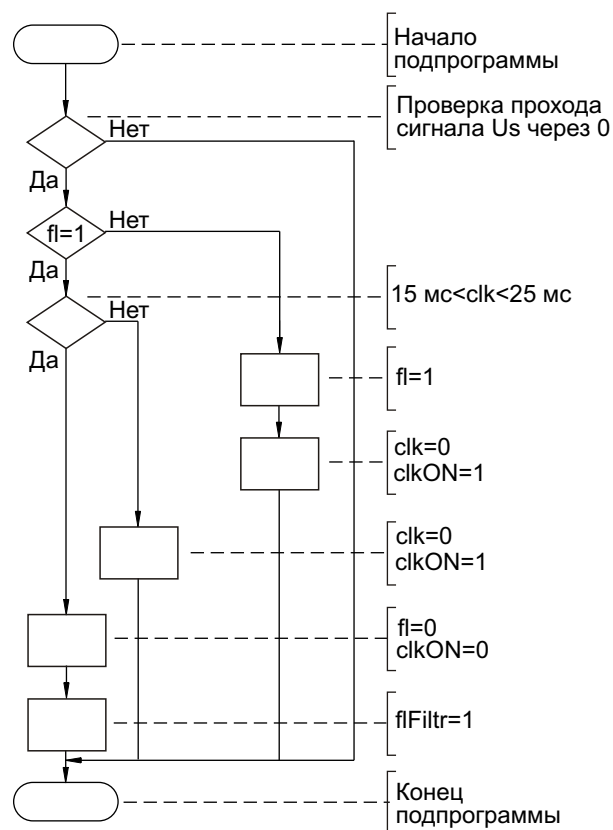


Рисунок 14. Алгоритм адаптивной фильтрации.

какие-либо сервисные функции, например часть интерфейса пользователя.

Данный алгоритм наиболее хорошо подходит для систем, где относительная длительность установившегося процесса существенно больше времени переходных процессов, например, в электроприводах шахтных подъемных установок или конвейеров. В системах с часто меняющимся заданием, например, в исполнительных механизмах промышленных роботов, этот алгоритм будет менее эффективен.

В приведенном алгоритме выполняется проверка прохода через 0 величины U_s , представляющей собой выходной сигнал сумматора, описывающий разность входной величины и сигнала обратной связи. При первом проходе устанавливается флаг fl , а также обнуляется ($clk=0$) и запускается ($clkON=1$) таймер clk . При следующем проходе значение clk сравнивается с некоторым диапазоном фильтруемой частоты. Это необходимо, в первую очередь, из-за того, что сигнал U_s в установившемся режиме может несколько отличаться от нулевого значения. В данном случае верхняя и нижняя границы диапазона равны 15 и 25 мс, что соответствует частотам 66.67 и 40 Гц. При попадании в этот диапазон сбрасывается fl , отключается таймер и устанавливается флаг включения фильтрации $flFiltr$, который активирует в основном цикле программы алгоритм режекторного фильтра. Таким образом, не требующий особых вычислительных средств алгоритм может следить за наличием помех на входе системы и лишь при необходимости подключать фильтра-

цию. Отключение фильтрации можно производить различными способами. Если за системой постоянно следит дежурный персонал, то отключение можно инициировать командой пользователя. В некоторых случаях предпочтительнее использовать таймер, отсчитывающий время, в течение которого производится фильтрация. По истечении этого времени при наличии помехи алгоритм вновь подключит фильтрацию. При определенной интенсивности таких подключений система может счесть помеху постоянной и совсем не отключать фильтрацию.

В работе были показаны методы и способы ликвидации низкочастотных помех в системах автоматического управления электроприводами и исполнительными механизмами. И хотя с подобными помехами на практике приходится сталкиваться не так часто, как с высокочастотными, они также серьезно влияют на работоспособность системы. **РЛ**

Список источников

1. Электронные промышленные устройства. М.А. Амелина – г. Смоленск: Московский энергетический институт (смоленский филиал), 2006. – 72 с.
2. Проектирование и применение операционных усилителей. Дж. Грэм, Дж. Тоби, Л. Хьюлсмай – М.: Мир, 1974. – 510 с.
3. Операционные усилители и их применение. Ж. Марше – Л.: Энергия, 1974. 215 с.
4. Практическая электроника аналоговых устройств. Р. Пиз – М.: ДМК Пресс, 2001. – 320 с.
5. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов. Пискунов Н.С. – М.: Наука, 1985. – 432 с.

Технологии динамического отображения в конкурентной борьбе за наши глаза

William Wong

Electronic Design

Технологии отображения всегда конкурировали друг с другом, но никогда еще в соревновании не участвовало такое большое количество подходов. Например, многие дисплеи теперь имеют сенсорные панели, что расширяет возможное число решений.

Задача заключается в обеспечении наилучшего визуального восприятия при соблюдении ряда зависящих от приложения требований. Современные дисплеи должны отличаться повышенной глубиной цвета, высоким разрешением и большой скоростью обновления. Они также должны быть прочными, тонкими и недорогими. Размер и дистанция обзора также имеют значение. И, наконец, дисплеи не должны потреблять слишком много энергии.

Ситуация на рынке

iPad компании Apple пошел по пути высокого качества (Рисунок 1). Его дисплей Retina с разрешением 264 пикселей на дюйм показывает изображения без видимого различия пикселей при остроте зрения 20/20 и типичном для планшета расстоянии до экрана не менее 15 дюймов. iPhone 5 имеет более высокое разрешение 326 пикселей на дюйм со стандартным расстоянием обзора 10 дюймов.

Величина, которая учитывает расстояние обзора, выражается в пикселях на градус (pixels per degree – PPD). Для Retina начальное значение этой величины примерно 53 PPD. При достижении этого предела фактическое разрешение экрана становится для мобильных устройств менее значимым параметром.



Рисунок 1. В новом iPad компании Apple (справа) используется дисплей высокой четкости. Приглядевшись, можно увидеть разницу между дисплеем Retina и его предшественником (слева).

С другой стороны, большие дисплеи, как правило, ограничены разрешением и стандартами. Сегодня доминируют на рынке дисплеи HDTV с разрешением 720p (1280 на 720 пикселей) и 1080p (1920 на 1080 пикселей). Символ p обозначает прогрессивную развертку, а в старых телевизорах и некоторых HDTV-дисплеях используется чересстрочная развертка, обозначаемая буквой i. В прошлом компьютерные мониторы с разрешением выше, чем у телевизоров были обычным явлением. Сегодня, если они и имеют те же размеры, что и мониторы высокой четкости, то это скорее исключение, чем правило.

Следующим шагом будут экраны 4K Ultra High Def (UHD или Ultra HD) с разрешением 3840 на 2160 пикселей, что в два раза больше формата 1080 (Рисунок 2). Удвойте 4K и получите 8K UHD. Формат 8K Ultra HD с разрешением 7680 на 4320 пикселей отлично подхо-

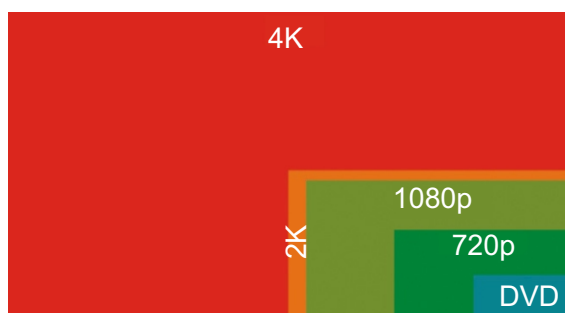


Рисунок 2. Разрешение формата 4K Ultra HD более чем вдвое превосходит разрешение используемого в современных дисплеях стандарта 1080p.

дит для просмотра изображений, снятых на 33.2-мегапиксельную камеру.

Проблемой для дисплеев стандарта 4K и 8K с точки зрения потребителя будет вопрос о предоставлении соответствующих изображений и видео, но это уже другая тема. Напомним, что цифровая камера RED EPIC, используемая для съемки многих новейших фильмов, имеет выход DCI 4K с разрешением 4096 на 2160 пикселей.

Технологии отображения

Жидкокристаллические дисплеи (LCD) стали доминирующими в области технологий отображения, хотя у них имеются соперники в лице дисплеев на основе органических светодиодов (OLED). LCD выпускают в различных формах, но им всегда требуется источник света. Отражающие LCD используют внешний источник, например, солнце. Трансфлексивные (активно-пассивные) LCD отражают и пропускают свет, поэтому в них может применяться подсветка. Отражающие и трансфлексивные дисплеи хорошо подходят для работы при солнечном свете, когда свет от подсветки становится размытым. Подсветка же позволяет работать с дисплеем в темноте и обеспечивает лучшее управление качеством изображения.

Большинство мобильных экранов и ЖК-дисплеев формата HDTV имеет подсветку. Есть несколько способов встраивания источника света, но в основном он помещается позади дисплея. Раньше использовались флуоресцентные лампы с холодным катодом (CCFL), но теперь их вытеснили светодиодные источники. Светодиоды дороже, но зато надежнее. Кроме того, они обеспечивают лучшее управление и широкую цветовую гамму. И они очень малы. Обычно светодио-

ды располагаются позади дисплея или по краям (Рисунок 3). В зависимости от толщины дисплея могут использоваться различные подходы. Размещение светодиодов по краям хорошо подходит для тонких дисплеев, что часто находит применение в небольших экранах. Большие дисплеи толще, и позволяют расположить светодиоды сзади.

В такой простейшей реализации сохраняется постоянство свечения. Это справедливо для обоих вариантов. Альтернативой является динамическая подсветка, называемая также локальным диммированием. В этом случае светодиоды управляются индивидуально и изменяют яркость в зависимости от отображаемого сюжета. Светодиод подсвечивает определенную область, в отличие от других дисплеев, например OLED, где возможно управлять яркостью отдельного пикселя.

Это является проблемой, поскольку контроллер дисплея должен учитывать освещение со стороны подсветки и со стороны LCD, так как светодиоды влияют на перекрываемые области экрана. Кроме того, контроллер должен учитывать скорость, с которой LCD и светодиоды могут изменять свою яркость. Динамическая подсветка может быть реализована при любом расположении светодиодов.

Динамическая подсветка снижает энергопотребление и улучшает качество цвета, поскольку позволяет отображать более темные области экрана. Однако ей требуется намного более сложный контроллер, и она является источником визуальных артефактов, вроде ореолов вокруг ярких объектов. Тип и влияние артефактов зависят от качества алгоритма управления, аппаратуры и

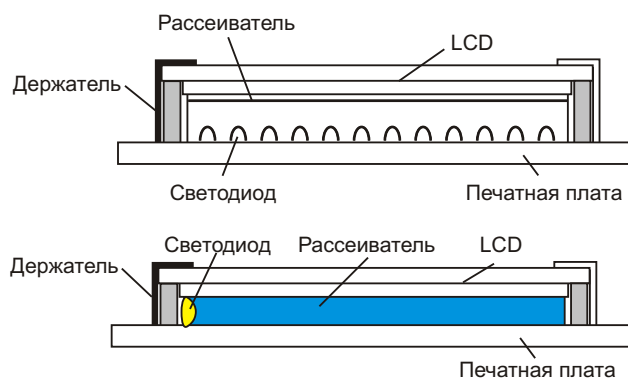


Рисунок 3. Для подсветки LCD обычно используется набор светодиодов, расположенных с задней стороны дисплея (верхний рисунок) или сбоку (нижний рисунок).

выводимого изображения. Наихудшим случаем будет яркое звездное поле на черном фоне.

LCD становятся все тоньше и легче, при этом их энергопотребление сокращается. Одновременно они становятся все больше, уже доступны дисплеи с диагональю более 80 дюймов.

OLED-дисплеи сами являются источниками света. Возможность индивидуального управления каждым пикселем позволяет получить более яркое и контрастное изображение, чем на обычном LCD. OLED-дисплеи выпускаются с пассивной (PMOLED) или активной (AMOLED) матрицей. Смартфон Galaxy S4 компании Samsung поставляется с 5-дюймовым AMOLED экраном формата 1080p (Рисунок 4).

OLED-дисплеи более энергоэффективны, чем LCD со светодиодной подсветкой. Кроме того, они имеют более широкое поле обзора, превышающее 165°. Они ярче и контрастнее, чем LCD, которые изначально созданы, чтобы не пропускать свет. OLED-дисплеи используются в небольших устройствах с батарейным питанием, например, в смартфонах, поскольку они ярче и требуют меньше энергии.



Рисунок 4. В Samsung Galaxy S4 используется 5-дюймовый AMOLED дисплей.

Кроме того, технология OLED позволяет создавать тонкие и гибкие дисплеи. На международной выставке CES в Лас-Вегасе компания Samsung продемонстрировала большой и маленький гибкие экраны (Рисунок 5).



Рисунок 5. Недавно на международной выставке CES Samsung показала гибкие дисплеи.

Этих дисплеев еще нет в продаже, но они, без сомнения, расширят возможности разработчиков.

OLED-дисплеи могут быть изготовлены тремя способами. Первым является метод вакуумного напыления или термовакuumного испарения (VTE), но он дорог и неэффективен. Технология фазового смещения органического пара (OVPD) позволяет получать тонкую пленку, используя камеру реактора с низким давлением и горячими стенками и газ-носитель для переноса выпаренных органических молекул на холодную подложку. Наконец, OLED-дисплеи без больших затрат могут быть созданы с помощью технологии струйной печати, позволяющей создавать большие экраны.

Изготовленные по технологии IGZO (оксид индия, галлия и цинка) OLED-дисплеи компании Sharp имеют размеры от 4 до 32 дюймов. На выставке CES компания показала 32-дюймовый экран 4K IGZO. Как и все OLED-дисплеи, IGZO энергоэффективнее, чем LCD, пиксели имеют лучшую динамику, а создаваемые ими изображения ярче и контрастнее.

В тонкопленочных транзисторах (TFT) компании Sharp используются структуры на основе кристаллов, выровненных по оси C (CAAC). Как правило, кристаллы выравниваются по осям A, B и C. В структурах CAAC выравнивание происходит только по оси C, что позволяет использовать кристаллы в пленках (Рисунок 6). Обычно же кристалл

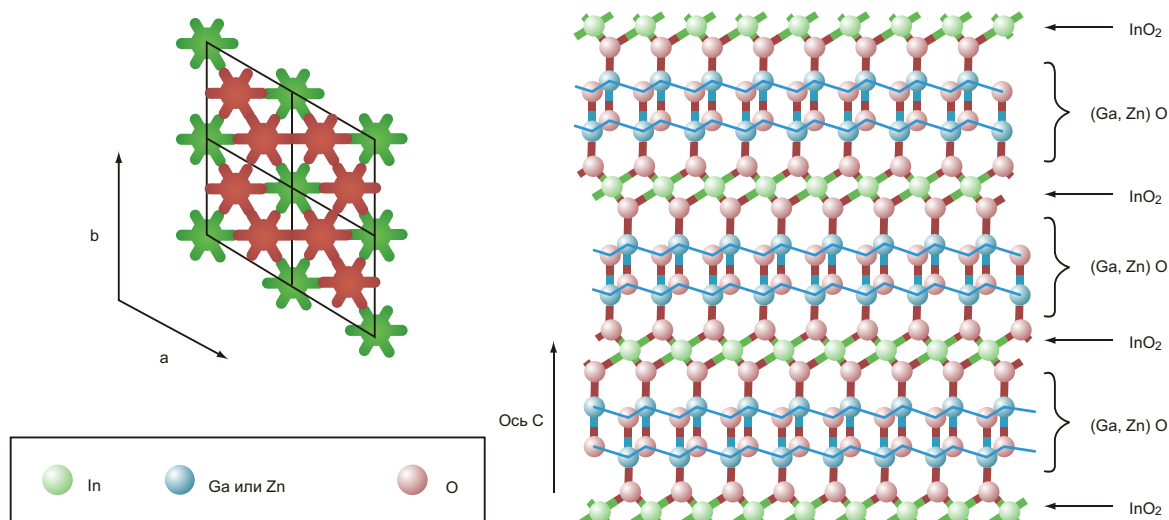


Рисунок 6. В тонкопленочных транзисторах может быть использована планарная структура выровненных по оси *C* кристаллов (CAAC).

имеет кубическую структуру. Эта технология может применяться не только в производстве дисплеев.

IGZO-дисплеи имеют некоторые черты, присущие старым мониторам на ЭЛТ. Отображаемые на экране данные сохраняются в течение короткого промежутка времени, даже в отсутствие питания. Несмотря на различие физических основ, функционально это схоже с поведением люминофоров ЭЛТ и способствует сокращению энергопотребления. При добавлении сенсорного интерфейса IGZO-дисплеи позволяют значительно снизить шумы, связанные с сенсорным входом, что повышает точность прикосновения.

Прикосновение к дисплею

Сенсорный интерфейс, наряду с набирающим популярность цифровым стилусом, имеет решающее значение для рынка смартфонов и планшетов. Для мобильных устройств подходят тонкие дисплеи, но ключевыми факторами являются точность касания и отклик на манипуляции стилусом. Снижение шума, производимого дисплеем значительно увеличивает точность и скорость, повышая удобство пользования.

Планшет Surface компании Microsoft является примером изделия, в котором дисплей, сенсорная панель и стилус поставляются вместе. В Surface используются обычный LCD, ОС Windows 8 и процессор Intel Core i5. Платформы Surface Pro и Surface RT конку-

рируют с Apple iPad и множеством планшетов на базе Android, подобных Amazon Kindle Fire.

Системы емкостного сенсорного ввода доминируют в нижнем сегменте дисплеев, применяемых в смартфонах, планшетах и ПК типа «все-в-одном». Такие системы хорошо работают как с LCD, так и с OLED-дисплеями. В Kindle Touch и некоторых других электронных книгах использовались инфракрасные датчики, но теперь они вышли из употребления благодаря снижению стоимости емкостных интерфейсов.

Системы с резистивным сенсорным интерфейсом применяются в дисплеях с диагональю вплоть до 17 дюймов. Эта технология, как правило, используется там, где не всегда функционирует емкостной интерфейс, например, при работе в перчатках. Технология Feather Touch компании Fujitsu позволила решить две проблемы из нескольких, которые препятствовали широкому распространению резистивных сенсорных систем: давление и поддержка одновременного определения координат двух и более точек касания (мультитач).

Четырехпроводная система реагирует подобно емкостным интерфейсам и не требует значительного давления при прикосновении. Она также может распознавать жесты с применением двух пальцев, вроде масштабирования типа «pinch» и «zoom». Резистивные сенсорные системы хорошо подходят для промышленных, медицинских и других ответственных приложений.



Рисунок 7. Мультитач-монитор Alvero 4K Ultra HD найдет применение в музеях или других публичных местах, где людям нужно взаимодействовать с дисплеями высокого разрешения.

В сегменте «high end» представлены платформы типа Alvero компании MyMultitouch, стоящей \$43,100 (Рисунок 7). Этот 84-дюймовый дисплей формата 4K Ultra HD имеет мультитач-интерфейс, способный обрабатывать одновременное прикосновение 32 пальцев. Вероятно, он приживется в музеях, высокотехнологичных вестибюлях или, может быть, в последнем полицейском ТВ-шоу. Дисплей подключается к видеокарте 4K Ultra HD и имеет поддержку мультитач на базе ОС Windows 8. Этот монитор может быть повешен на стену или установлен автономно. Мультитач-система выполнена на основе инфракрасных датчиков.

Следующее поколение

Появляются также прозрачные и 3D-дисплеи. Прозрачные дисплеи поставляет компания Planar например, 32-дюймовый бескорпусный LT3200, а Crystal Display Systems предлагает прозрачные экраны на базе компонентов Samsung с диагональю до 70 дюймов. Прозрачные мониторы могут отлично смотреться на ТВ-шоу, но сегодня

основное применение они нашли в сфере розничной торговли, на выставках, в пунктах продаж и в музеях. Эти мониторы дороги, но яркость и прозрачность делают их перспективным для общего пользования. Они разработаны с тем, чтобы показывать то, что находится за ними, хотя наблюдение за происходящим позади монитора может отвлекать.

Общедоступны 3D-телевизоры высокой четкости (3D HDTV), использующие активные и пассивные 3D-очки. Незначительный успех технологии 3D связан с ограниченностью 3D-контента. Сказываются также дополнительные затраты на очки, которые, к тому же, хотя и стали легче, но все равно могут раздражать. Это было бы незначительной проблемой, если бы видео было более качественным. Трехмерное видео практически не транслируется по кабельному телевидению, а обычно доступно в качестве товара премиум-класса.

Технологии 3D-отображения, не требующие очков, заметно развились и в течение нескольких лет представляются на выставках. В конечном итоге они могут выйти на потребительский рынок, но для больших экранов, возможно, это произойдет через десятилетие. Сегодня такие технологии более практичны для небольших дисплеев. Будем надеяться, что количество поддерживаемого видео увеличится к тому времени, когда 3D-мониторы станут более распространенными.

Перспективы

На данный момент LCD продолжают преобладать на рынке только из-за их доступности. Показавшиеся на горизонте OLED-дисплеи стали конкурентами LCD, что осложняет выбор разработчикам, поскольку должны рассматриваться различные технологии. Компромиссы не всегда очевидны, и у каждого типа экрана имеются свои сильные и слабые стороны. **РЛ**

Обзор регистратора AdvoCam-FD1: «единичка» с возможностями отличников

Сегодня мы познакомим вас с новой моделью автомобильного видеорегистратора – AdvoCam-FD1. Ранее бренд AdvoCam занимался более дорогими устройствами, регистраторами премиум-класса. Средняя цена аппаратов этой торговой марки составляет примерно 7000 рублей. Такой ценник не каждому по карману, но платить такие деньги действительно есть за что – высокое качество видеозаписи и богатые функциональные возможности.



Новинка же стоит заметно дешевле – примерно 2900 рублей. При этом AdvoCam-FD1 не потерял своего качества. В сравнении с топовыми моделями, данный регистратор менее функционален, например, в нем нет модуля спутниковой навигации GPS, а также аппарат пишет видео в немного меньшем разрешении – 1280 на 720 точек (HD720p), против 1920 на 1080 точек (Full HD 1080p). В целом же, качество записи вполне себе неплохое. Пройдя по ссылке, вы можете в этом убедиться. На прилагаемом видео есть примеры записи в светлое и темное время суток.

При записи в разрешении 1280 на 720 пикселей (HD720p) интерполяция (так любимая производителями недорогих регистраторов) не используется. Для тех, кто не знает, уточним, что интерполяция – это когда видео записывается в низком разрешении, а потом при

помощи программ растягивается до более высокого (как правило, HD или Full HD). Добавим, что в AdvoCam-FD1 предусмотрен и Full HD режим записи, только в этом случае будет использована упомянутая интерполяция, что, собственно, производитель не скрывает.

Камера в AdvoCam-FD1 3-мегапиксельная с углом обзора 120 градусов, поэтому в кадр попадет не только сама дорога, но и обочины. Скорость записи – 30 кадров в секунду. В общем, все вполне стандартно. Также реализована циклическая запись, когда новые файлы записываются сверху на старые (при отсутствии места на карте памяти). Настройки регистратора позволяют выставить продолжительность видеороликов: 1, 2 или 3 минуты.



Обычно в современных видеорегистраторах используются 2-дюймовые дисплеи. Что же касается AdvoCam-FD1, то новинка может смело похвастаться достаточно большим 2.4-дюймовым качественным экраном с широкими углами обзора. С его помощью можно не только правильно «прицелить» камеру, но и просмотреть уже записанное видео. Изображение достаточно четкое, да и запас яркости приличный.

Корпус AdvoCam-FD1 сделан из черного пластика, со вставками на верхнем и нижнем торцах из серебристого пластика. Претензий к качеству сборки нет, все на высоком уровне. Размеры у новинки достаточно компактные -



80 60 22 мм. Обратим внимание, что здесь также, как и во флагманских моделях, используется фирменный удобный интерфейс One-Touch. То есть одним нажатием клавиши можно включить или выключить самые важные функции гаджета, например, сохранить запись или сделать снимок. Да-да, AdvoCam-FD1 умеет фотографировать в разрешении 3 Мп.02

Интересно и наличие в AdvoCam-FD1 разъема HDMI, который служит для просмотра

видео на телевизоре или мониторе. Такая, казалось бы, распространенная вещь есть далеко не в каждой флагманской модели. Здесь же скажем о наличии аккумулятора емкостью в 400 мАч (около 50 минут автономной работы) и G-сенсора. Последний реагирует на разного рода внештатные ситуации (попадания в глубокие ямы, удары, резкие торможения), после чего сохраняет фрагмент видеозаписи в нестираемую область на карту памяти, защищая ее, тем самым, от циклической перезаписи.

Да, AdvoCam-FD1 не имеет встроенного GPS-приемника и видео записывает не в «модном» Full HD формате, тем не менее, гаджет пишет видео хорошего качества. К тому же, стоит устройство совсем недорого – 2900 рублей. Примерно столько же стоят китайские регистраторы неизвестных брендов и сомнительного качества. **РЛ**

Загрузки



Примеры записи в светлое и темное время суток: <http://www.youtube.com/watch?v=cM35UQ4DXLU>

Современные аудиотехнологии PureParth компании Texas Instruments



Юрий Петропавловский

В более чем восьмидесятилетней истории компании Texas Instruments (TI) разработка и производство полупроводниковых приборов и микросхем для звуковых приложений занимают заметное место. Первыми приборами для звуковых усилителей, выпущенными в 1955 году, были сплавные германиевые транзисторы серии 300: 2N185 ($P_K = 150$ мВт), 2N249 (350 мВт), 2N250 и 2N251 (12 Вт, корпус TO-3), на Рисунке 1 показан прототип автомобильного приемника фирмы Delco с мощным УЗЧ на транзисторах 2N250.



Рисунок 1. Автомобильный приемник фирмы Delco 1955 г.

В 1958-1983 годах в компании работал изобретатель первой микросхемы Джек Килби (1923-2005 г.г., фото на Рисунке 2), получивший за это Нобелевскую премию по физике в 2000 году.

Позиции компании в области звуковых приложений значительно усилились после приобретения в 2000 году ведущего производителя прецизионных АЦП/ЦАП и ОУ Burr-Brown за 7.6 млрд. долл. На момент приобре-

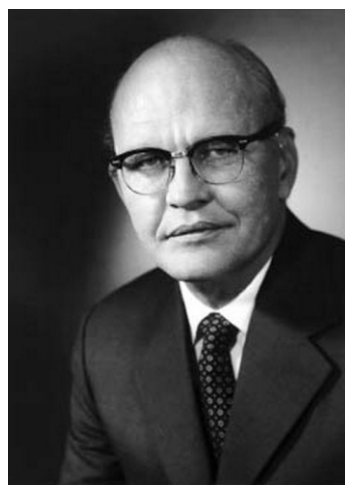


Рисунок 2. Джек Килби.

тения Burr-Brown располагала производствами в городах Тусон (штат Аризона), Ацуги (Япония) и Ливингстон (Шотландия) с персоналом 1500 человек. Являясь ведущим мировым производителем цифровых сигнальных процессоров (DSP) TI, с приобретением Burr-Brown, заняла верхние позиции и в элитных секторах рынка высокопроизводительных аналого-цифровых устройств [1].

Другим важным приобретением TI стала известная компания National Semiconductor (NSC). Сделка была завершена в 2011 году и оценена в 6.5 млрд. долл. На момент приобретения NSC располагала производствами в США, Малайзии и Шотландии с численностью персонала 5000 человек. NSC является одним из крупнейших разработчиков и производителей аналоговых интегральных схем, в том числе для звуковых приложений; приоб-

решение было сразу интегрировано в аналоговый бизнес TI, содержащий теперь почти 45,000 аналоговых продуктов и инструментов, а соответствующий отдел продаж увеличился более чем в 10 раз [2].

Предлагаемая компанией номенклатура аудиокomпонентов (микросхем) в настоящее время покрывает практически все возможные варианты построения систем обработки и усиления звука. На Рисунке 3 показана обобщенная структура звуковой системы, реализация которой возможна на компонентах TI. В каталогах компании 2013 года представлены микросхемы для звуковых приложений следующих категорий.

- Аудиоусилители:
 - усилители мощности класса D с аналоговыми входами;
 - УМ класса D с цифровыми входами;
 - выходные каскады класса D с ШИМ входами;
 - усилители мощности класса АВ;
 - микрофонные усилители;
 - усилители ЗЧ для головных телефонов;
 - линейные драйверы и ОУ;
 - драйверы пьезо и керамических излучателей звука;
 - регуляторы громкости;
 - звуковые подсистемы малой мощности.

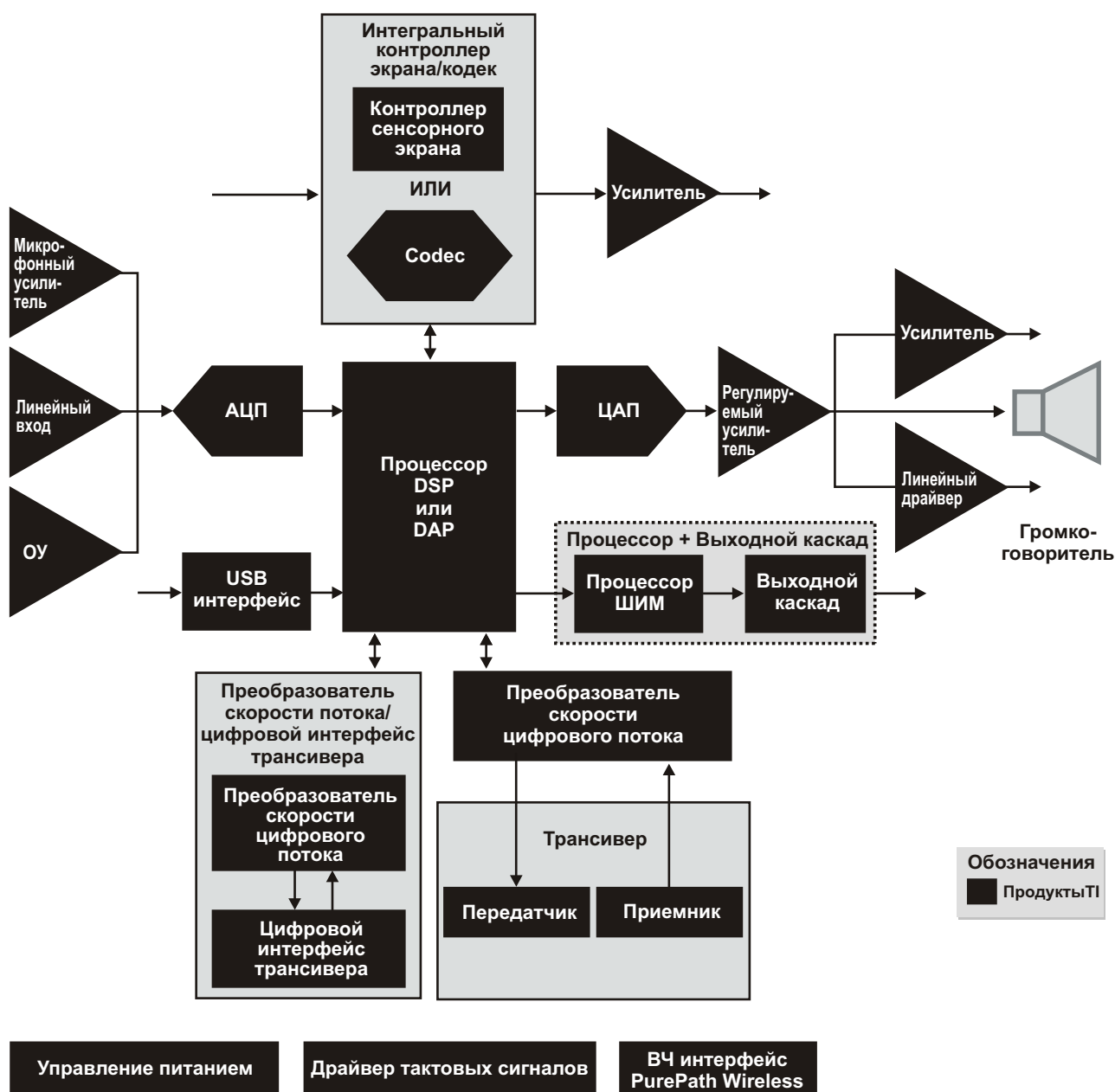


Рисунок 3. Структура систем звуковоспроизведения.

- **Аудиоконверторы (АЦП/ЦАП):**
 - аудиокодеки и аудиоконверторы с процессорами miniDSP для мобильных приложений;
 - аудиоконверторы с интегрированными контроллерами экрана для мобильных приложений;
 - высококачественные аудиоконверторы.
- **Интерфейсы и преобразователи скорости цифрового потока.**
- **Аудиоконтроллеры и конверторы с интерфейсом USB.**
- **Процессоры:**
 - ШИМ процессоры;
 - сигнальные процессоры с плавающей точкой;
 - процессоры приложений;
 - сигнальные процессоры с фиксированной точкой;
 - микроконтроллеры C2000.
- **Аналоговые коммутаторы.**
- **Беспроводные (2.4 ГГц) аудиосистемы на кристалле PurePath Wireless.**

Компании TI принадлежит несколько запатентованных технологий, используемых при построении звуковых трактов различного назначения под общим названием PureParth. Хронологически первой является технология построения цифровых трактов PurePath, внедряемая компанией с середины 2000-х годов. Суть технологии заключается в устранении из звуковых трактов различной аппаратуры АЦП и ЦАП, вносящих существенный вклад в общий уровень искажений. Технологию PureParth проще внедрять в комплексные системы звуковоспроизведения – CD/DVD/BD ресиверы, домашние кинотеатры, музыкальные центры и другие комбинированные устройства. Однако возможно

использование этой технологии и в системах, состоящих из отдельных компонентов.

Упрощенная структура тракта, выполненного по технологии PureParth, приведена на Рисунке 4. В качестве источников сигналов могут выступать как оптические диски, так и другие цифровые носители (флеш-память, жесткие диски, цифровые интерфейсы компьютеров и других устройств). Поток цифровых данных с источников в цифровом процессоре TI преобразуется в отдельные цифровые потоки всех каналов системы (2-8 каналов), представленные в каком-либо формате звуковых данных, например I²S. Затем они преобразуются в ШИМ сигналы и поступают на соответствующее число импульсных усилителей мощности класса D. Достаточно широко распространенный термин «цифровой усилитель» часто относят к УМЗЧ класса D с ШИМ входами, являющимися фактически импульсными усилителями. Этот термин больше подходит к усилителям, имеющим цифровые входы (ИКМ): I²S, SPDIF и другие. Такие усилители компания называет «настоящими цифровыми аудиоусилителями» TDAA (True Digital Audio Amplifier). Компания выпускает микросхемы УМЗЧ как с ШИМ, так и ИКМ входами.

Концепцию PureParth используют многие производители бытовой и профессиональной электроники. Например, в Blue Ray системе домашнего кинотеатра Philips HTS5131 (разработка 2011 года) применены элементы тракта PureParth, выполненные на микросхемах TI. Аналоговые сигналы с внешних входов и внутреннего тюнера поступают на 6-канальный коммутатор входов и АЦП, выполненный на микросхеме CS5344 фирмы Cirrus Logic. Преобразованные в цифровую форму данные в формате I²S поступают на коммутатор цифровых сигналов и приемник SPDIF

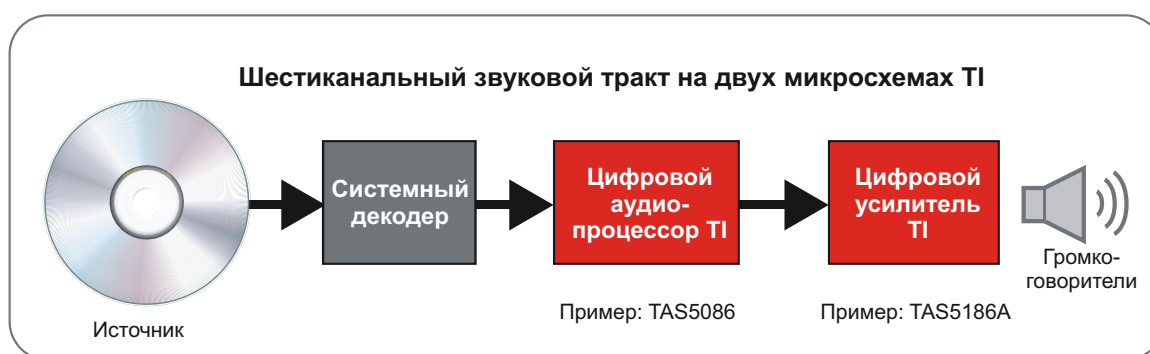


Рисунок 4. Структура звукового тракта PureParth.

(микросхема CS8422 той же фирмы). На эту микросхему подаются и цифровые сигналы с оптического и коаксиального входов, а также звуковая составляющая с цифрового интерфейса HDMI. Выбранный пользователем цифровой сигнал в формате I²S с выхода микросхемы поступают на цифровой сигнальный процессор (DSP) CS495313, также фирмы Cirrus Logic, обеспечивающий обработку цифровых сигналов по алгоритмам систем объемного звучания Dolby Digital, DTS, Dolby PL II или различным алгоритмам обработки звука. На DSP поступает и поток данных в формате I²S от проигрывателя оптических дисков CD/DVD/BD.

Выходные данные в формате I²S с выхода сигнального процессора поступают на преобразователь цифровых сигналов TAS5508C компании TI, выделяющий отдельные потоки данных различных каналов звука (в данном аппарате левый, правый и низкочастотный каналы) и преобразующий их в ШИМ сигналы. В качестве УМЗЧ используются микросхемы TI TAS5342A с ШИМ входами; обе микросхемы поддерживают технологию PurePath.

TAS5508C (разработка 2010 года)

Микросхема представляет собой преобразователь цифрового потока данных, представленных в звуковых форматах Left-Justified, Right-Justified или I²S (16, 20 или 24 разряда), в шесть или 8 сигналов с широтно-импульсной модуляцией. В микросхему также интегрирован цифровой аудиопроцессор DAP (Digital Audio Processor), обеспечивающий общую регулировку громкости в диапазоне 118 дБ, раздельную регулировку уровня во всех каналах, регулировку тембра по НЧ и ВЧ и частоты среза АЧХ. Управление многочисленными режимами и параметрами микросхемы обеспечивается по последовательному интерфейсу I²C.

Микросхема разработана для поддержки УМЗЧ класса D, выполненных по схеме H-моста (H-Bridge), например, TAS5111, TAS5112...TAS5182 и других, с возможностью как несимметричного, так и мостового включения нагрузок. Конфигурирование выходных сигналов осуществляется в соответствии с требованиями к широтно-импульсным модуляторам типа AD с частотой следования ШИМ импульсов 384 кГц.

На практике для усилителей класса D получили распространение два типа (метода) ШИМ – AD и BD. При модуляции по методу AD на инвертирующий вход компаратора подается сигнал треугольной формы с частотой ШИМ (в нашем случае 384 кГц), на неинвертирующий вход – звуковой сигнал. К выходу компаратора подключены инвертирующий и неинвертирующий усилители импульсов. Сигналы на выходах усилителей противофазны и имеют размах от 0 (корпус) до U_{пит} (+) и от 0 до U_{пит} (-), размах результирующего сигнала удваивается и составляют примерно 2 U_{пит}. При AD ШИМ на выходах практически отсутствует синфазная составляющая сигнала, а после интегрирования ШИМ сигнала со скважностью 2 ($s = T_{\text{след}}/t_{\text{имп}}$) выходное напряжение равно нулю. Недостатком AD ШИМ является большой пиковый ток в элементах выходного фильтра, что приводит к увеличению потерь и снижению общего КПД. Большинство усилителей семейства TAS... могут быть сконфигурированы под модуляцию AD ШИМ.

Применение BD ШИМ направлено на минимизацию тока коммутации за счет исключения выходных фильтров (или значительного уменьшения индуктивностей и емкостей ФНЧ), что повышает общий КПД УМЗЧ. Основным элементом фильтра в усилителях с BD ШИМ является сам громкоговоритель. При использовании этого метода изменяется (модулируется) скважность разности выходных сигналов, а сами сигналы не инверсны друг относительно друга и на выходе присутствует значительная синфазная составляющая. Более подробно описание процессов при обоих методах модуляции приведено в [3].

TAS5342A (разработка 2008 года)

В микросхему интегрированы 4 импульсных усилительных каскада с ШИМ входами. Поддерживаемый диапазон частот входных ШИМ сигналов 192–432 кГц. Выходная мощность микросхемы при КНИ = 10%, в зависимости от конфигурации и сопротивления нагрузки, находится в пределах от 30 Вт (4 канала, R_н = 4 Ом) до 200 Вт (1 канал, R_н = 2 Ом). В качестве выходных ключей в микросхеме применены полевые транзисторы с малым сопротивлением открытого канала (R_{DS(ON)} менее 80 мОм), что обеспечивает

Таблица 1. Классификационные параметры ряда микросхем компании последних лет разработки

Тип микросхемы	$P_{\text{ВЫХ1}}$ (Вт)	$P_{\text{ВЫХ2}}$ (Вт)	$P_{\text{ВЫХ3}}$ (Вт)	$R_{\text{Н1}}$ (Ом)	$R_{\text{Н2}}$ (Ом)	$R_{\text{Н3}}$ (Ом)	Число выходов	Тип входа	Корпус	Примечания
TAS5414C		70	116		2	1	4	аналоговый	64HTQFP	
TAS5612LA	65	125	300	2	4	2	4	ШИМ	44HTSSOP	PurePath HD
TPA3110D2-Q1		26	40		4	4	2	аналоговый	28HTSSOP	SpeakerGuard T
TAS5614LA	75	150	300	2	4	2	4	ШИМ	44HTSSOP	PurePath HD
TAS5622A	65	150	300	2	3	1.5	4	ШИМ	44HTSSOP	PurePath HD
TAS5624A	75	200	400	2	3	1.5	4	ШИМ	44HTSSOP	PurePath HD
TPA3116D2		50	100		3	2	2	аналоговый	32HTSSOP	SpeakerGuard T
TPA3118D2		30	60		6	3	2	аналоговый	32HTSSOP	SpeakerGuard T
TPA3130D2		15	30		6	3	2	аналоговый	32HTSSOP	AM Avoidance
TAS5630B	145	300	400	2	4	2	4	аналоговый	64HTQFP	PurePath HD
TAS5631B	145	300	400	2	4	2	4	ШИМ	64HTQFP	PurePath HD
LME49820				4			1	аналоговый	15TO	
LME49811				4			1	аналоговый	15TO	
LME49810				4			1	аналоговый	15TO	Baker Clamp
LM4702				4			2	аналоговый	15TO	HI-FI 200 B
LM4952				4			2	аналоговый	15TO	Boomer
LM4782	50			4			3	аналоговый	27TO	Overture
LM4940	7.8			4			2	аналоговый	TO-263	Boomer
LM4781	30			4			3	аналоговый	TO-220	Overture
LM4950	6.5	7.5		4	4		2	аналоговый	TO-263	Boomer
LM4780	65	130	130	4	8	4	2	аналоговый	27-TO-220	Overture
LM4752	17			4			2	аналоговый	TO-263	
LM4766	50			4			2	аналоговый	15TO-220	Overture
LM4765	30			4			2	аналоговый	15TO-220	Overture
LM4755	17			4			2	аналоговый	TO-263	
LM1876	30			4			2	аналоговый	15TO-220	Overture
LM2876	50			4			1	аналоговый	11TO-220	Overture
LM3875	75			4			3	аналоговый	11TO-220	Overture
LM3886	100			4			2	аналоговый	11TO-220	Overture
LM3876	75			4			2	аналоговый	11TO-220	Overture
LM1877	2			4			2	аналоговый	14SOIC	
LM380	6			4			1	аналоговый	14PDIP	
LM384	6			4			1	аналоговый	14PDIP	
LM4734	30			4			1	аналоговый		
TAS5729MD		20	40		4	4	2	цифровой	48HTSSOP	Cap-Free HP
TAS5760MD		20	40		4	4	2	цифровой	48HTSSOP	DirectPath
TPA3111D1		10			4	4	2	аналоговый	28HTSSOP	SpeakerGuard T
TPA3111D1-Q1		10			4		1	аналоговый	28HTSSOP	SpeakerGuard T
TPA3112D1-Q1		25			4		1	аналоговый	28HTSSOP	SpeakerGuard T
TPA3113D2		6	12		4	4	2	аналоговый	28HTSSOP	SpeakerGuard T

высокий КПД усилителей (более 90%). Микросхема предназначена для применения в бюджетных моделях музыкальных центров, DVD ресиверов и домашних кинотеатров, поскольку характеризуются типичными для усилителей класса D значениями коэффициента нелинейных искажений (КНИ). Уровень искажений существенно зависит от выходной мощности. Зависимости коэффициента гармонических искажений с шумом (THD+N)

усилителей микросхемы в мостовом включении (BTL) от выходной мощности при различных сопротивлениях нагрузки приведены на Рисунке 5. Как видно из рисунка, КНИ порядка 0.1% достигается при выходной мощности от 7 Вт ($R_{\text{Н}} = 4 \text{ Ом}$) до 50 Вт ($R_{\text{Н}} = 8 \text{ Ом}$). КНИ при малых значениях практически не отличается от коэффициента гармонических искажений.

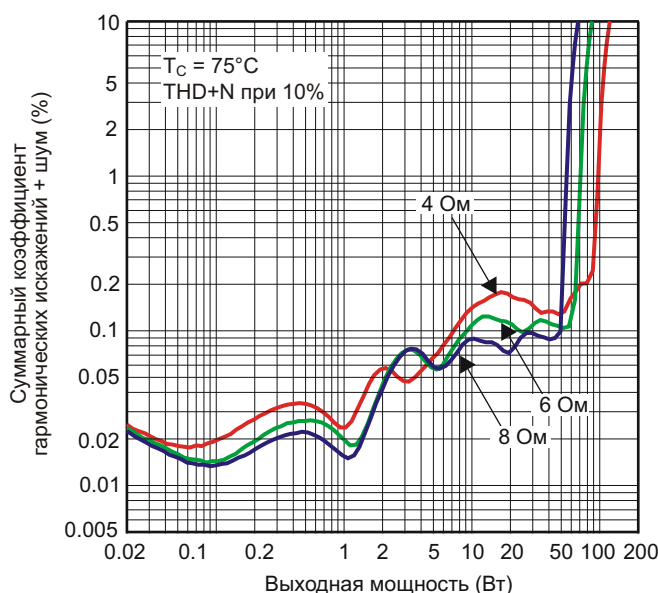


Рисунок 5. Зависимости КНИ микросхемы TAS5342A от выходной мощности.

В каталог компании 2013 года включено более 100 типов микросхем УМЗЧ средней и большой мощности серий TAS/TPA (разработка TI) и LM (NSC) [4]. Классификационные параметры ряда микросхем компании последних лет разработки приведены в Таблице 1 (по данным спецификаций 2012, 2013 годов, микросхемы с более ранними спецификациями в таблицу не включены). В таблице приведены максимальные значения выходной мощности при несимметричном включении нагрузки ($P_{\text{ВЫХ1}}$), в мостовой схеме ($P_{\text{ВЫХ2}}$) и при параллельном мостовом включении каналов ($P_{\text{ВЫХ3}}$). Минимальные сопротивления нагрузок при этом $R_{\text{Н1}}/R_{\text{Н2}}/R_{\text{Н3}}$, соответственно. В графе примечания таблицы указаны особенности микросхем или названия используемых технологий.

Как видно из таблицы, ряд мощных УМЗЧ компании выполнены по технологии PureParth HD. Применение этой технологии направлено на улучшение качества звучания звуковых систем, использующих импульсные усилители класса D. Усилители, выполненные на основе технологии PurePass HD обеспечивают снижение КНИ до 0.03% и менее, что соответствует показателям усилителей класса AB. Максимально плоская полоса пропускания усилителей, выполненных по этой технологии, расширена до 80 кГц для обеспечения работы от источников высококачественного контента (HD). Коэффициент подавления пульсаций напряжения питания (PSRR) уменьшен до значений порядка 80 дБ

(при мостовом включении нагрузки), отношение сигнал/шум увеличено до 100 дБ и более. Предусмотрены меры по полному исключению щелчков при включении. В отличие от стандартных усилителей класса D, уровень нелинейных искажений усилителей, выполненных по этой технологии, в рабочем диапазоне мощностей существенно не увеличивается (вплоть до точки ограничения).

В основу технологии положено использование интегрированных замкнутых обратных связей, в том числе с источником питания, работающим в классе G. Под классом G обычно подразумевается работа УМЗЧ класса AB с двумя коммутируемыми напряжениями питания, номинал которых зависит от уровня выходного сигнала. Более низкое напряжение питания используется при малой и средней громкости, более высокое — при большой громкости; такое решение существенно повышает КПД усилителей класса AB. Более подробно устройство усилителей класса G приведено в статье автора [5]. В усилителях класса D коммутируемое напряжение питания не обеспечивает существенного повышения КПД — он и так велик, однако при использовании решений TI по реализации схем источников питания класса G совместно с микросхемами, выполненными по технологии PurePath HD, общая эффективность связки ИП+УМЗЧ увеличивается.

Для примера рассмотрим особенности решения TI на основе технологии PurePath HD для ресиверов и других аудиоприложений большой мощности, выполненное на микросхемах TAS5630/TAS5631, внешний вид которых показан на Рисунке 6. Для питания УМЗЧ прибора применен импульсный источник питания промышленного класса с корректором коэффициента мощности, обес-



Рисунок 6. Внешний вид прибора TI PureParth HD.

печивающий выходное постоянное напряжение до 50 В при токе в нагрузке до 12 А (600 Вт). ИИП ориентирован на применение в типовых условиях пользователей аудиосистем: пик фактор выходных сигналов (Crest Factor) от 1/10 до 1/5 (сильно компрессированная музыка); большую часть времени аппаратура функционирует на уровнях выходной мощности до 5 Вт. Основные параметры прибора:

- Входное переменное напряжение 108-265 В/48-65 Гц, входной ток до 8 А (с.к.з.);
- Коэффициент мощности не менее 0.95;
- Выходное напряжение корректора коэффициента мощности – 390 В (при $U_{ВХ} = 330-410$ В);
- Пиковый выходной ток до 20 А ($U_{ВЫХ} = 50$ В);
- Длительная выходная мощность 250 Вт, в течение 5 минут 600 Вт, пиковая до 1000 Вт (20 мс);
- Полная эффективность: 88% ($U_{СЕТИ} = 110$ В, нагрузка 80%), 91% ($U_{ВХ} = 230$ В, нагрузка 50%).

Прибор выполнен в форм-факторе с малой высотой корпуса и в части энергоэффективности соответствует требованиям стандарта Energy Star. Обобщенная структура прибора приведена на Рисунке 7. В его состав входят следующие основные узлы.

Двухфазный корректор коэффициента мощности

Узел построен на основе контроллера UCC28061. Микросхема представляет собой

повышающий ККМ с чередованием фаз и режимами граничных токов (Dual-phase, Interleave, Transition-mode PFC Controller). Применение двухфазной схемы управления, в сравнении с однофазной, позволяет упростить входные фильтры и уменьшить емкость высоковольтного электролитического конденсатора на выходе ККМ. Использование ККМ этого типа позволяет повысить эффективность преобразования AC/DC при малых нагрузках. Основные особенности ККМ на основе этой микросхемы:

- Малый уровень слышимых звуков во время работы;
- Мягкий старт при включении и отказобезопасная схема защиты от перенапряжений (FailSafe OVP);
- Интегрированная защита от кратковременных провалов напряжения (Integrated Brownout).

Типовая схема включения контроллера UCC28061 и электрическая принципиальная схема ККМ рассматриваемого прибора приведены в инструкции по применению [6].

Основной DC/DC преобразователь

Преобразователь построен на основе контроллера UCC25600. Микросхема является высокоэффективным контроллером резонансного полумостового LLC преобразователя с режимами коммутации при нулевом токе или напряжении (Zero-current/Zero-voltage Converter) и частотным управлением в диапазоне 30-350 кГц. Резонансные преобразователи напряжения обладают более

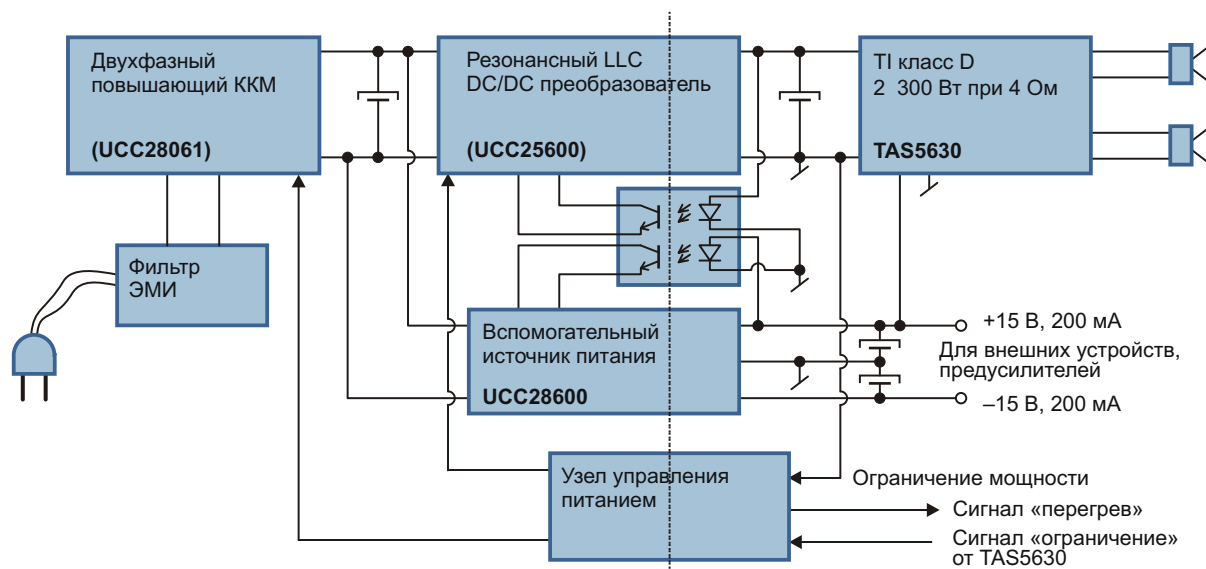


Рисунок 7. Структура прибора TlPureParth HD.

высокой эффективностью, чем импульсные ШИМ преобразователи, однако они более сложны в разработке и производстве. В рассматриваемом приборе преобразователь может работать в двух режимах: прерывистом (Burst Mode) – при напряжении сети 230 В и выходном напряжении 25 В и в обычном режиме при 110 В ($U_{\text{ВЫХ}} = 25/50 \text{ В}$) и 230 В ($U_{\text{ВЫХ}} = 50 \text{ В}$). Основные особенности микросхемы:

- Программируемая минимальная частота;
- Программируемые время мягкого старта и «мертвое» время;
- Схемы защиты от перегрузки по току, перегрева, перенапряжений и провалов напряжения.

Типовая схема включения контроллера UCC25600 и электрическая принципиальная схема полумостового LLC преобразователя рассматриваемого прибора приведены в [6].

Вспомогательный преобразователь напряжения

Преобразователь выполнен на основе контроллера UCC28600, представляющего собой обратноходовый квазирезонансный преобразователь с выходными напряжениями +15 В и –15 В, и предназначен для питания предварительных каскадов УМЗЧ, узлов дежурного режима и схемы управления питанием.

Двухканальный УМЗЧ класса D

Усилитель выполнен на основе технологии PurePath HD и базируется на микросхеме



Рисунок 8. Внешний вид микросхемы TAS5630.

с аналоговыми входами TAS5630B (Data Sheets 2012 года). Микросхема выпускается в корпусах QFP-64 (внешний вид на Рисунке 8)

и PSOP3-44. Основные особенности и параметры микросхемы:

- Различные конфигурации: одноканальная мостовая параллельная моно (PBTL – Parallel Bridge-Tied Load); двухканальная мостовая стерео (BTL), двухканальная стерео с несимметричными выходами (SE) + мостовая для низкочастотного канала; четырехканальная с несимметричными выходами;
- Выходная мощность при КНИ = 10%: 400 Вт (PBTL), 2 300 Вт (BTL), 4 145 Вт (SE);
- Силовые МОП транзисторы с низким сопротивлением канала ($R_{\text{DS(ON)}}$ не более 60 мОм), что обеспечивает эффективность не менее 88%.
- КНИ + шум при $P_{\text{ВЫХ}} = 1 \text{ Вт}$ – 0.03% (BTL), 0.07% (SE), зависимости КНИ+шум от выходной мощности микросхемы в мостовом режиме при различных нагрузках приведены на Рисунке 9.
- Динамический диапазон и отношение сигнал шум 100 дБ (BTL), 93 дБ (SE).

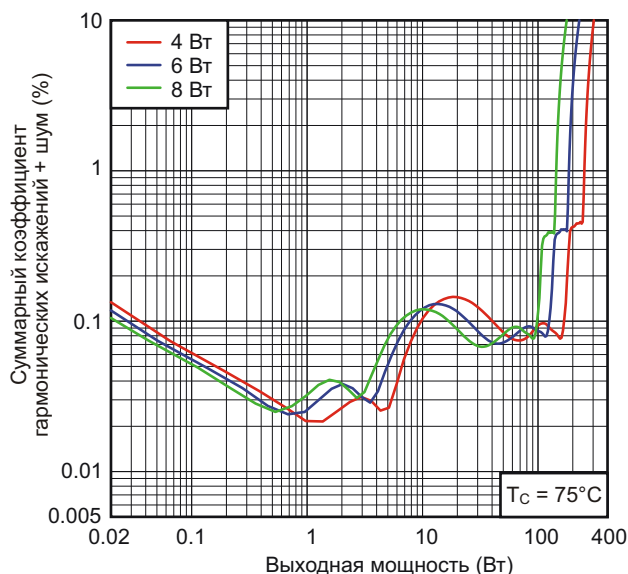


Рисунок 9. Зависимости КНИ микросхемы TAS5630B от выходной мощности.

Схема управления питанием

Задачами схемы являются: переключение напряжения силовой шины (VRail) с 25 В на 50 В, защита от перегрузки по току источников питания $\pm 15 \text{ В}$, +25 В/+50 В, формирование сигнала «перегрев» и автоматическое вхождение в режим ожидания.

Напряжение силовой шины управляется по сигналу Clip-detect, поступающему с вывода 18 микросхемы TAS5630. При малых уровнях мощности на выходах УМЗЧ в цепи Clip-detect устанавливается низкий уровень напряжения, ККМ выключен, а напряжение силовой шины определяется только резонансным преобразователем и составляет 25 В. При появлении ограничения в каком либо канале УМЗЧ в цепи Clip-detect появляется напряжение 12 В, ККМ включается и на силовой шине устанавливается напряжение 50 В. После выхода из режима ограничения напряжение VRail медленно (несколько секунд) возвращается к значению 25 В. Соответствующие временные диаграммы показаны на Рисунке 10.

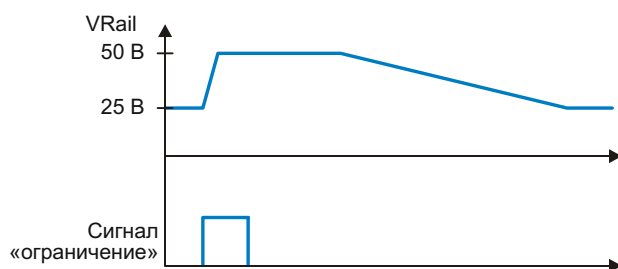


Рисунок 10. Временные диаграммы коммутации напряжения силовой цепи.

Общая эффективность прибора существенно зависит от выходной мощности, напряжения на силовой шине и сетевого напряжения. При напряжениях VRail = 50 В и $U_{\text{СЕТИ}} = 230$ В эффективность находится в пределах 82-92% при $P_{\text{ВЫХ}}$ от 50 Вт до 700 Вт. При напряжении VRail = 25 В и $U_{\text{СЕТИ}} = 230$ – 75-85% при $P_{\text{ВЫХ}}$ от 5 Вт до 50 Вт. Мощность потребления прибора в дежурном режиме не превышает 700 мВт (при $U_{\text{СЕТИ}} = 230$ В), 300 мВт (110 В). **РЛ**

Литература:

1. <http://www.futurlec.com/News/TI/AcqBurrBrown.html>
2. <http://techcrunch.com/2011/09/23/texas-instruments-closes-6-5b-acquisition-of-national-semiconductor/>
3. <http://www.ti.com/lstds/ti/audio-ic/mid-high-power-amplifier-product.page>
4. http://www.ti.com/lstds/ti/analog/audio/audio_overview.page
5. Юрий Петропавловский, «Особенности построения УМЗЧ классов G, super-G фирмы Philips и источников питания для них», Радиолучитель, 2009, №11
6. <http://www.ti.com/lit/ug/slou293c/slou293c.pdf>

Чтение состояния 10 и более кнопок с помощью двух выводов микроконтроллера

Aruna Rubasinghe

EDN

Существует несколько способов опроса состояния множества кнопок с помощью ограниченного числа линий ввода/вывода микроконтроллера. Например, используя аналоговый вход микроконтроллера, можно определять нажатую кнопку по уровню напряжения, присвоенного ей посредством цепочки резисторов. Можно также использовать приборы с однопроводным интерфейсом, такие, скажем, как 8-канальный адресуемый ключ Maxim DS2408.

Первому способу присущ ряд недостатков: микроконтроллер должен иметь встроенный АЦП, время подавления дребезга снижает частоту сканирования кнопок, а размыкание кнопки во время выполнения выборки АЦП приводит к ошибкам. Второй способ, использующий интерфейс 1-Wire, отличается относительно низкой скоростью и требует постоянного опроса микросхемы DS2408, в ответ на каждое обращение возвращающей 8-разрядный код позиции кнопки.

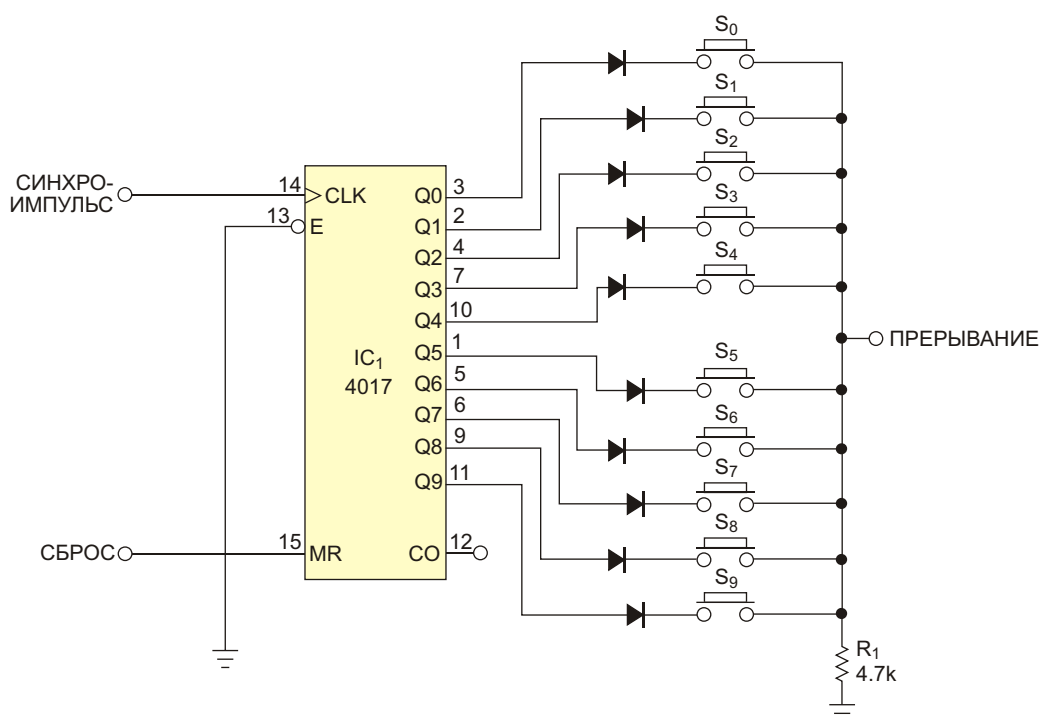


Рисунок 1. Подключение к микроконтроллеру 10 кнопок с помощью двух линий ввода/вывода. Количество кнопок может быть увеличено при каскадировании нескольких микросхем CD4017 через выходы переноса.

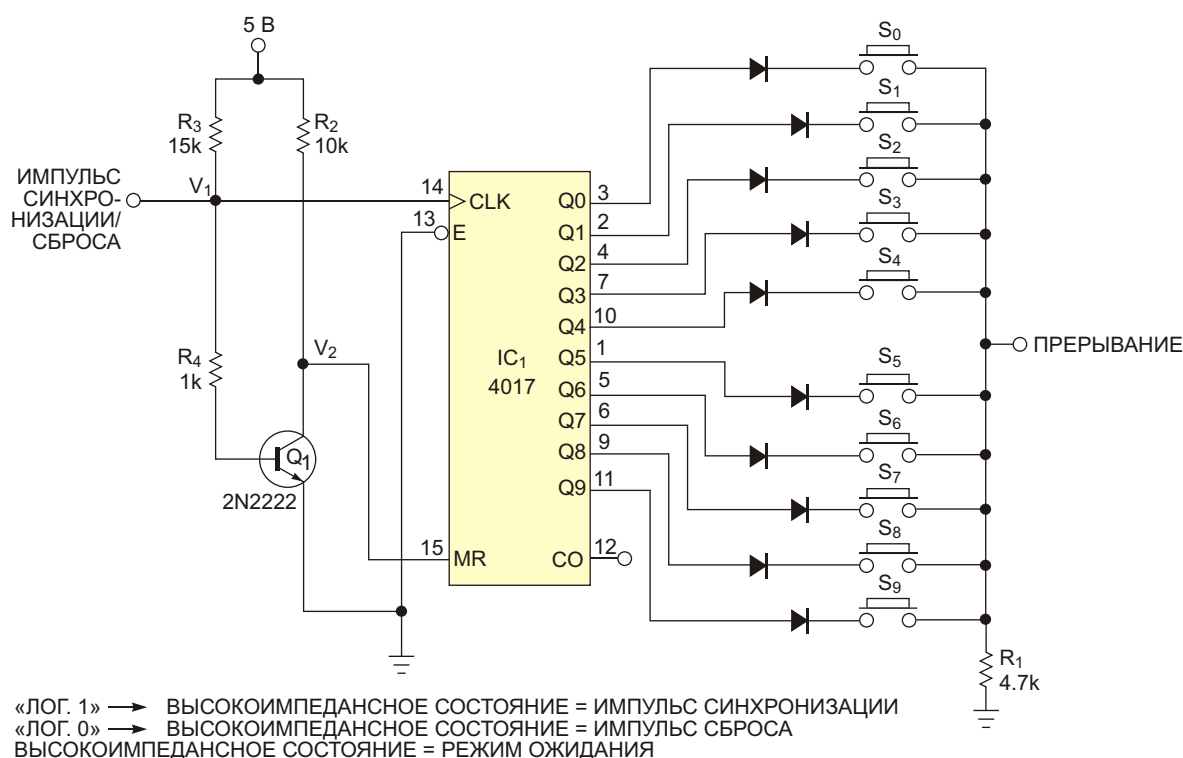


Рисунок 2. Добавив три резистора и транзистор, можно защитить схему от сбоев синхронизации, не используя третью линию ввода/вывода микроконтроллера.

В статье описан еще один способ считывания статуса множества кнопок или переключателей, для которого потребуются лишь две цифровые линии ввода/вывода микроконтроллера и прерывания от интегрированного в микроконтроллер таймера (Рисунок 1). При необходимости можно использовать третью линию для периодического сброса счетчика CD4017 (каскадируемый десятичный счетчик Джонсона), позволяющего повысить устойчивость схемы к электромагнитным помехам и электростатическим разрядам. Можно также применить схему, изображенную на Рисунок 2, сохранив преимущество двухпроводного варианта. Диоды защищают выходы счетчика от повреждения при одновременном нажатии нескольких кнопок. Каскадированием нескольких микросхем CD4017 можно увеличить количество подключаемых кнопок, используя выход переноса (вывод 12) и вход счетных импульсов (вывод 14).

Надежность работы схемы после первоначального включения и инициализации микроконтроллера зависит от последующей синхронизации счетчика CD4017 с таймером-счетчиком микроконтроллера. Однако синхронизация может быть нарушена электро-

статическими разрядами или электромагнитными помехами, например, от находящегося поблизости мобильного телефона, поэтому целесообразно предусмотреть в коде программы микроконтроллера функцию периодического аппаратного сброса счетчика CD4017. На Рисунок 2 показано, как можно сделать это без использования третьей линии ввода/вывода микроконтроллера.

Такая возможность обеспечивается наличием трех состояний выхода микроконтроллера: высокого, низкого и высокоимпедансного состояния (Z-состояние), когда вывод порта временно переключается в режим ввода.

При «лог. 1» транзистор Q_1 включается через резистор R_4 , устанавливая высокий логический уровень напряжения в точке V_1 и напряжение ниже логического нуля в точке V_2 . Таким образом, на тактовом входе микросхемы устанавливается высокий логический уровень, а на входе сброса удерживается низкий.

В состоянии «лог. 0» транзистор Q_1 выключается, устанавливая низкий логический уро-

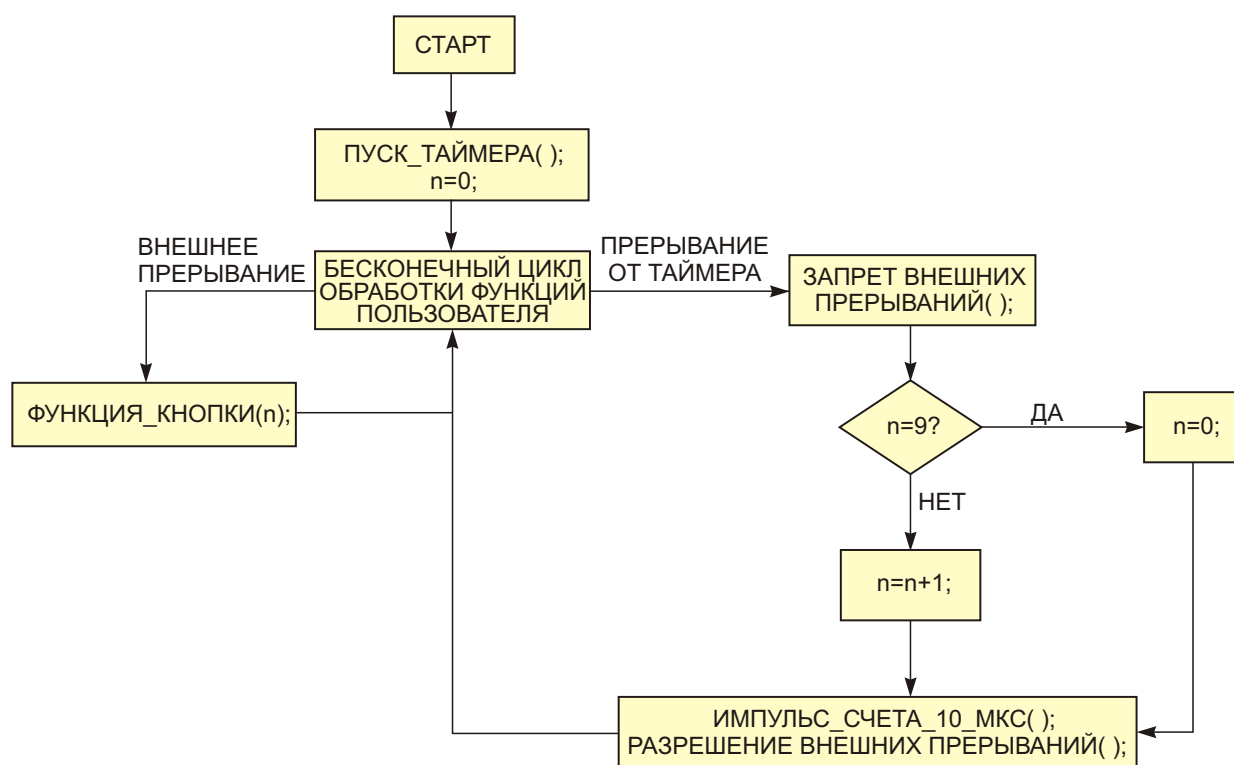


Рисунок 3. Блок-схема программы микроконтроллера для чтения состояния всех кнопок. В каждый момент времени должна быть нажата только одна кнопка.

вень напряжения в точке V_1 и напряжение выше логической единицы в точке V_2 . В этом случае на тактовом входе микросхемы устанавливается низкий логический уровень, а на входе сброса удерживается высокий.

Если же вход будет «оторван» вследствие переключения выхода микроконтроллера режим ввода, транзистор Q_1 включится через резисторы R_3 и R_4 , а напряжение в точках V_1 и V_2 опустится ниже порога логического нуля. При этом на счетном входе и входе сброса микросхемы устанавливается низкий уровень.

Таким образом, чтобы сформировать фронт счетного импульса, необходимо изменять состояния вывода микроконтроллера в следующей последовательности: Z-состояние > «лог. 1» > Z-состояние. Аналогично, для сброса счетчика CD4017 последовательность должна быть такой: Z-состояние > «лог. 0» > Z-состояние.

Блок-схема на Рисунке 3 иллюстрирует процесс считывания микроконтроллером состояния всех кнопок и используемые в программе микроконтроллера функции. На

этапе инициализации микроконтроллер сбрасывает переменную счетчика ($n=0$) и запускает таймер, сконфигурированный на генерацию прерываний по переполнению каждую 1 мс. В обработчике прерываний от таймера выполняется следующие операции: запрещаются внешние прерывания, значение переменной инкрементируется на 1, на микросхему CD4017 подается синхроимпульс длительностью 10 мкс, разрешаются внешние прерывания.

Ввиду того, что каждую миллисекунду микроконтроллер посылает импульс счетчику CD4017 и инкрементирует значение переменной собственного счетчика до тех пор, пока оно меньше 9, номер выхода CD4017, на котором появляется высокий логический уровень, будет соответствовать значению переменной счетчика микроконтроллера. Например, если в счетчике микроконтроллера число 2, то высокий уровень появится на выходе 2 микросхемы CD4017 (вывод 4), в то время как на остальных выходах будет низкий логический уровень. Если в этот момент пользователь нажал кнопку S_2 , на вывод внешнего прерывания микроконтроллера поступит сигнал «лог. 1». Нажатие других

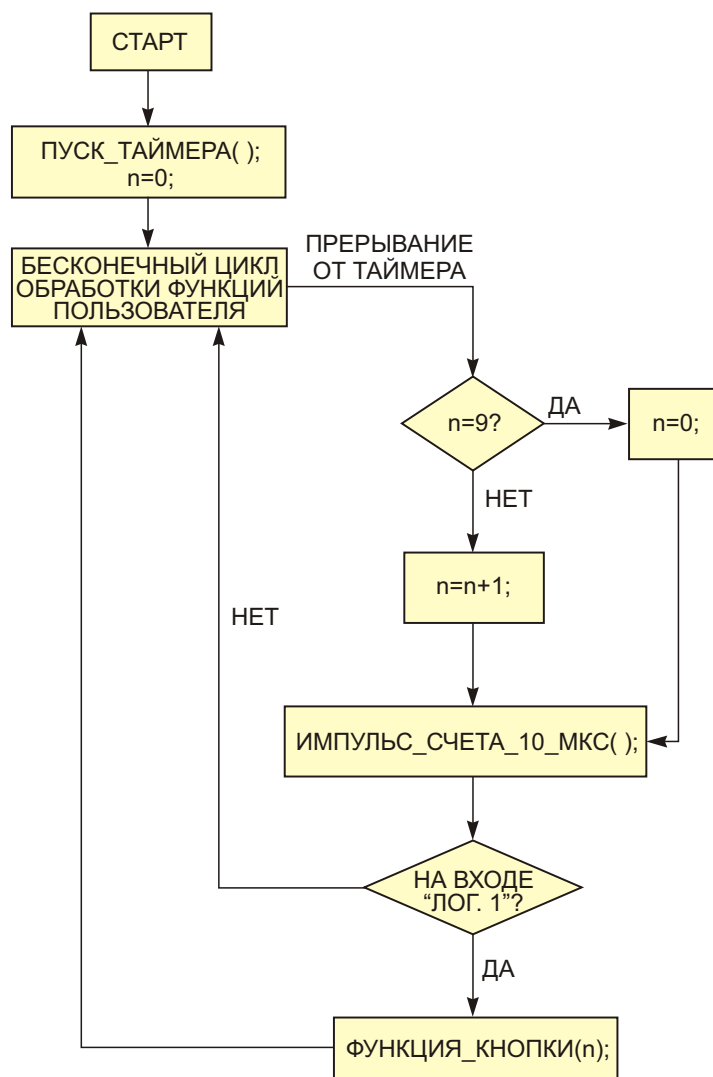


Рисунок 4. При использовании кнопок с фиксацией для декодирования комбинаций состояний нескольких кнопок можно проверять состояния входа внешнего прерывания микроконтроллера.

кнопок не приведет к формированию сигнала внешнего прерывания из-за низкого логического уровня на остальных выходах CD4017.

При поступлении сигнала внешнего прерывания микроконтроллер получает из памяти значение переменной счетчика (в нашем примере это 2), определяет нажатие кнопки S_2 и выполняет соответствующие функции и операции. По достижении переменной значения 9 она программно сбрасывается в 0, так же как счетчик CD4017 сбрасывается

автоматически на десятом импульсе.

Обратите внимание, что в каждый момент времени нажатой должна быть только одна кнопка. Если одновременно нажаты две последовательные кнопки, микроконтроллеру может не хватить времени между последовательными состояниями для регистрации фронта сигнала внешнего прерывания. Возможный вариант решения этой проблемы поясняет блок-схема на Рисунке 4. **РЛ**

Создание мощной виртуальной земли с помощью шести буферов и двух MOSFET

Louis Vlemincq, Бельгия

Electronic Design

Виртуальная земля необходима, когда требуется организовать двуполярное питание, располагая лишь однополярным источником, например, батареей в портативном устройстве. Иногда сделать это совсем несложно, создав среднюю точку с помощью делителя из высокоомных резисторов. А если импеданс земли должен быть более

низким, чем может обеспечить делитель, это простое решение можно усовершенствовать, добавив буферный усилитель.

Однако в случае дисбаланса токов в созданной таким образом земле задача усложняется, так как буфер должен быть уже не просто мощным, а способным рассеивать энергию, пропорциональную разнице токов в

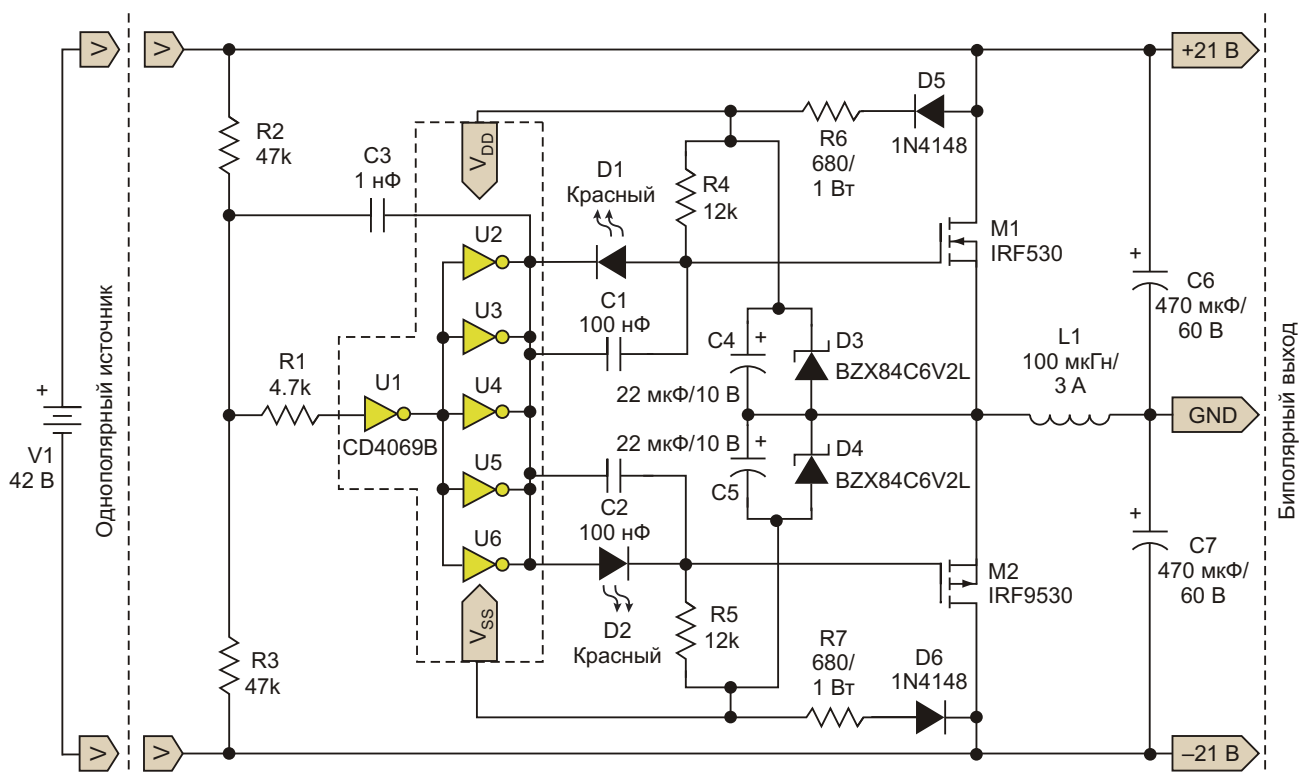


Рисунок 1. Несмотря на то, что для этой схемы требуется больше компонентов, чем для решения на основе классического резистивного делителя, собранный на шести инверторах генератор/усилитель класса D, управляющий двумя MOSFET, намного повышает качество виртуальной земли.

плечах. Это нерационально, расточительно, и даже может потребовать применения громоздких радиаторов.

В предлагаемой схеме (Рисунок 1) проблема решается просто, дешево и эффективно. Резистивный делитель и буфер в этой схеме сохранились, однако используются теперь совсем по-другому. Буфер превратился в усилитель-генератор класса D, способный отдавать в землю много ампер тока и возвращать любой «разбаланс» обратно в источник питания. Схема компактна и эффективна, а формируемая ею мощная земля стабильна и точна.

Генератор сделан на шестиканальной КМОП микросхеме буферного инвертора CD4069. Большинство инверторов просто выполняет функцию драйверов затворов мощных MOSFET. Вместе с установленным на входе инвертором U1 элементы микросхемы CD4069 образуют неинвертирующий усилитель. Через конденсатор C3 замыкается цепь положительной обратной связи, обеспечивающей автоколебания схемы.

Вся схема управления питается плавающим напряжением, привязанным к выходу. Это напряжение создается из входного постоянного напряжения диодами D3 ... D6 и парой резисторов R6/R7. R2 и R3 задают потенциал виртуальной земли. В рассматриваемом примере эти резисторы равны, что чаще всего и требуется, однако ничто не мешает сделать источник питания асимметричным.

Для повышения точности между R2 и R3 можно добавить подстроечный резистор. С показанными на схеме номиналами компонентов частота ШИМ составляет примерно 45 кГц. В случае необходимости изменить частоту следует подобрать другой конденсатор C3.

Мощные MOSFET и индуктивность следует выбирать в соответствии с ожидаемым выходным током. Если требуется особо чистая земля, удалить остаточные пульсации можно с помощью LC фильтра, включенного после элементов L1 и C6/C7. **РЛ**

Экономичный генератор пилообразного напряжения со сверхнизким напряжением питания

Bruce D Moore

EDN

Схема генератора пилообразного напряжения, потребляющая менее 3.2 мкА и работающая при напряжении ниже 1 В, может послужить полезным строительным блоком при создании сверхэкономичных устройств,

питающихся от низковольтных источников. Она может использоваться как основной элемент в петле ШИМ регулирования, как таймер, как управляемый напряжением генератор или преобразователь емкость-частота.

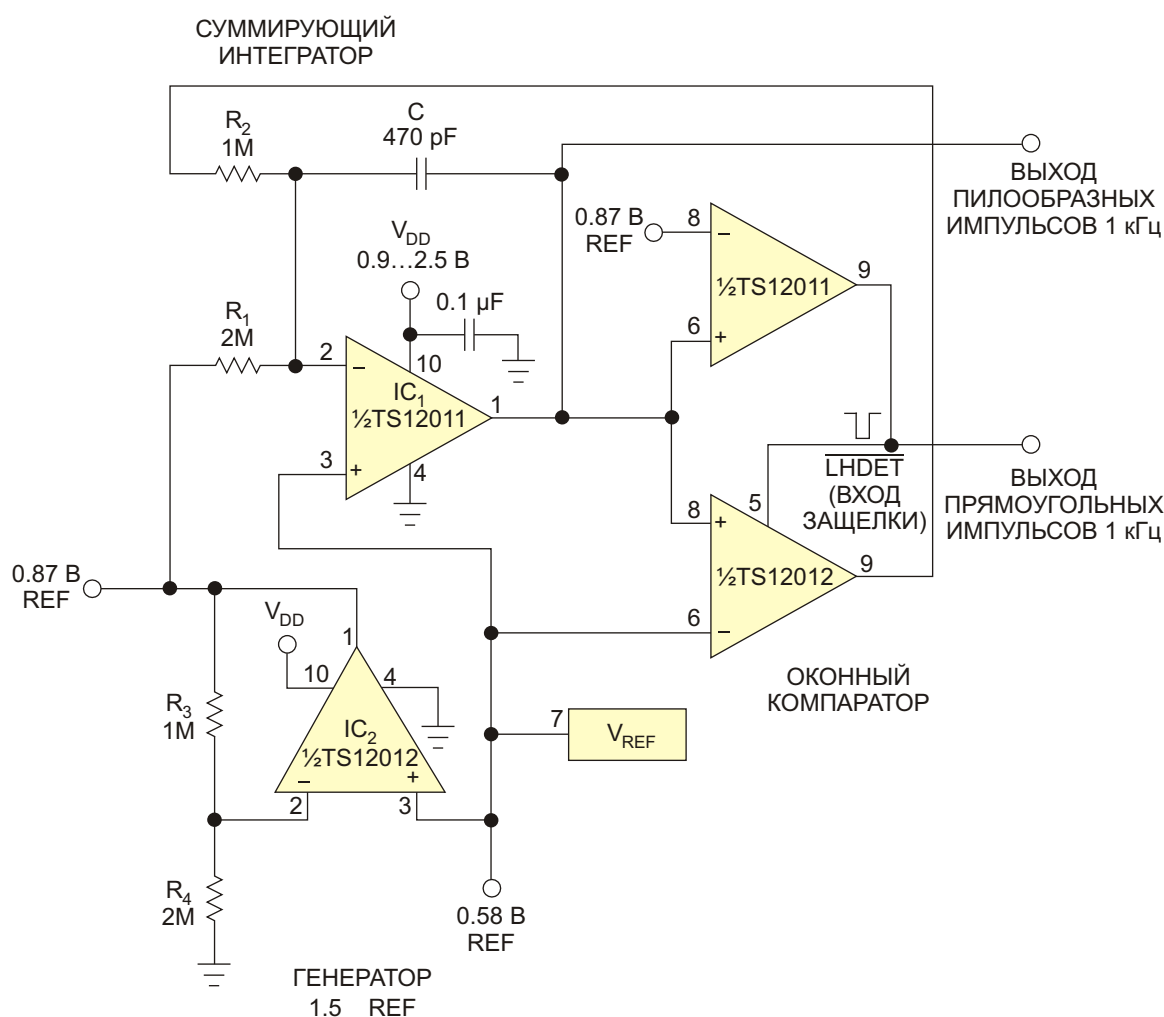


Рисунок 1. Всего восемь компонентов потребовалось для создания этого исключительно экономичного низковольтного генератора пилообразного напряжения.

- использованием компаратора, имеющего выход с открытым стоком, для создания точного источника импульсного тока;
- использованием функции защелкивания, позволяющей без дополнительных элементов превратить обычный компаратор в оконный.

Обычно в подобных логометрических конструкциях с фиксированной частотой наблюдается нестабильность амплитуды пилообразного напряжения, что для петли ШИМ регулирования крайне нежелательно, так как может влиять на коэффициент передачи цепи обратной связи. А побочный положительный эффект заключается в возможности независимого управления скоростью нарастания и спада выходного напряжения путем масштабирования сопротивлений резисторов R_1 и R_2 .

Несколько слов о том, как работает схема. На выходе суммирующего интегратора, подключенного к неинвертирующему входу оконного компаратора, формируется пилообразное напряжение. Благодаря действию обратной связи усилителя напряжение в суммирующем узле интегратора поддерживается на уровне V_{REF} . При этом положительный опорный ток, задаваемый через резистор R_1 , уравновешивается отрицательным импульсным током большей амплитуды, текущим через R_2 . Нижний по схеме компаратор имеет выход с открытым стоком, при низком напряжении на котором ток вытекает из суммирующего узла через резистор R_3 :

$$I_{R1} = \frac{0.87 V_{REF} - 0.58 V_{REF}}{R_1}$$



и

$$I_{R2(\text{имп})} = \frac{0.58 V_{\text{REF}}}{R_2}.$$

Если выбрать $I_{R2} = 2 I_{R1}$, то выходной сигнал приобретет форму симметричных треугольных импульсов.

Частоту колебаний можно определить по формуле:

$$f = \frac{1}{\frac{1}{I_{R1}} + \frac{1}{I_{R2}}} \cdot C \cdot V,$$

где V – разность напряжений $0.87 V_{\text{REF}}$ и $0.58 V_{\text{REF}}$. Для рассматриваемой схемы $f = 850$ Гц.

Формы пилообразных и прямоугольных импульсов на выходах схемы показаны на Рисунке 3.

Встроенная защелка используется для формирования гистерезиса оконного компаратора. Функция этой защелки весьма интересна. При подаче низкого уровня на вход $\overline{\text{LHDET}}$ входы компаратора остаются активными и воспринимают входные напряжения до тех пор, пока одно из них не пересечет порог. На выходе компаратора микросхемы IC_2 устанавливается высокий уровень, когда пилообразное напряжение пересекает нижний порог $0.58 V_{\text{REF}}$, и низкий, когда пила пересекает порог $0.87 V_{\text{REF}}$. Импульс сброса

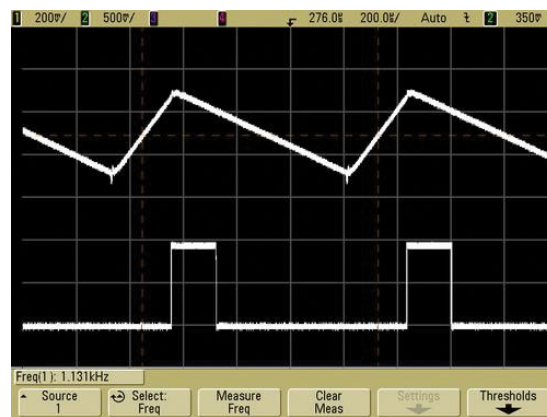


Рисунок 3. Формы пилообразных и прямоугольных импульсов на выходах схемы. Последовательность прямоугольных импульсов используется для управления защелкой компаратора.

очень короток, но успевает зафиксировать на выходе компаратора состояние, в которое он перешел в момент пересечения порога, а затем вновь защелкнуть выход после переключения опорного тока при переходе к формированию спадающего фронта пилы. В результате получается схема, не требующая никакой связующей логики.

Для питания схемы может использоваться батарея с напряжением от 0.9 В, при этом ток потребления не превысит 3.2 мкА. Максимальная рабочая частота, ограниченная скоростью нарастания операционного усилителя и задержками распространения, составляет 3 кГц. Отключив вывод R_1 и подав на него напряжение более $0.58 V_{\text{REF}}$, можно превратить схему в генератор, управляемый напряжением (ГУН). **РЛ**

Стабилизированный зарядовый насос с малым током потребления

Bruce Moore

Electronic Design

Емкостные зарядовые насосы обычно неприменимы в схемах, потребляющих большой ток, но прекрасно работают в нише микромощных приложений, и, прежде всего, там, где первостепенное значение имеют малые габариты устройства. Наилучших результатов можно добиться в тех случаях, когда выходное напряжение в целое число раз превышает входное. Кратность входных и выходных напряжений является первостепенным условием высокого КПД насоса.

Зарядовые насосы также могут успешно использоваться при изменяющемся входном напряжении, когда источником является, например, батарея, в особенности, если сохранение заряда батареи важнее, чем КПД при полной нагрузке. Такая ситуация типична при питании микроконтроллера, основную часть времени находящегося в спящем режиме.

Для питания низковольтных микроконтроллеров, входящих, например, в семейства PIC24 или MSP430, обычно используется стабилизированный источник с выходным напряжением, скажем, 2.5 В. При низкой тактовой частоте они могут потреблять всего 25...50 мкА. В режиме ожидания, когда активны только часы реального времени, ток потребления становится совсем ничтожным, как правило, не превышающим одного микроампера. Вот как раз для таких приложений исключительно удобен описанный здесь двухкаскадный зарядовый насос, повышающий напряжение одного щелочного или никель-металлогидридного элемента до 2.5 В.

«Крылья», на которые опирается зарядовый насос, называются «летающими конденсаторами», поочередно подключаемыми то к

входу, то к выходу. Если конденсатор подключен к входному напряжению, образуется удвоитель напряжения. В случае стабилизированного токового насоса с фиксированным выходом напряжение на летающем конденсаторе может значительно отличаться от напряжения на конденсаторе выходного фильтра.

Следствием соединения двух конденсаторов, изначально заряженных до разных напряжений, будет искра, или рассеивание мощности в ключах, сопровождающие процесс перетекания заряда из одного конденсатора в другой. Именно по этой причине простой удвоитель напряжения обычно эффективнее, чем регулируемый зарядовый насос.

Зарядовый насос содержит генератор, образованную операционным усилителем и источником опорного напряжения петлю обратной связи, стабилизирующую выходное напряжение, две ступени умножителя напряжения и два «летающих конденсатора» C2 и C4 (Рисунок 1). Первый каскад насоса управляется непосредственно генератором, сделанным на компараторе микросхемы TS12011, выпускаемой компанией Touchstone Semiconductor. На второй каскад через инвертор поступает выходное напряжение первого каскада. КПД насоса при полной нагрузке в диапазоне входных напряжений 1...2.5 В меняется от 70% до 40%, что сопоставимо с параметрами линейного стабилизатора.

Состоящая из операционного усилителя (ОУ), компаратора и ИОН микросхема TS12011 имеет типовой ток потребления всего 3.2 мкА и способна работать при напряжении питания менее 1 В, то есть, от одноэ-

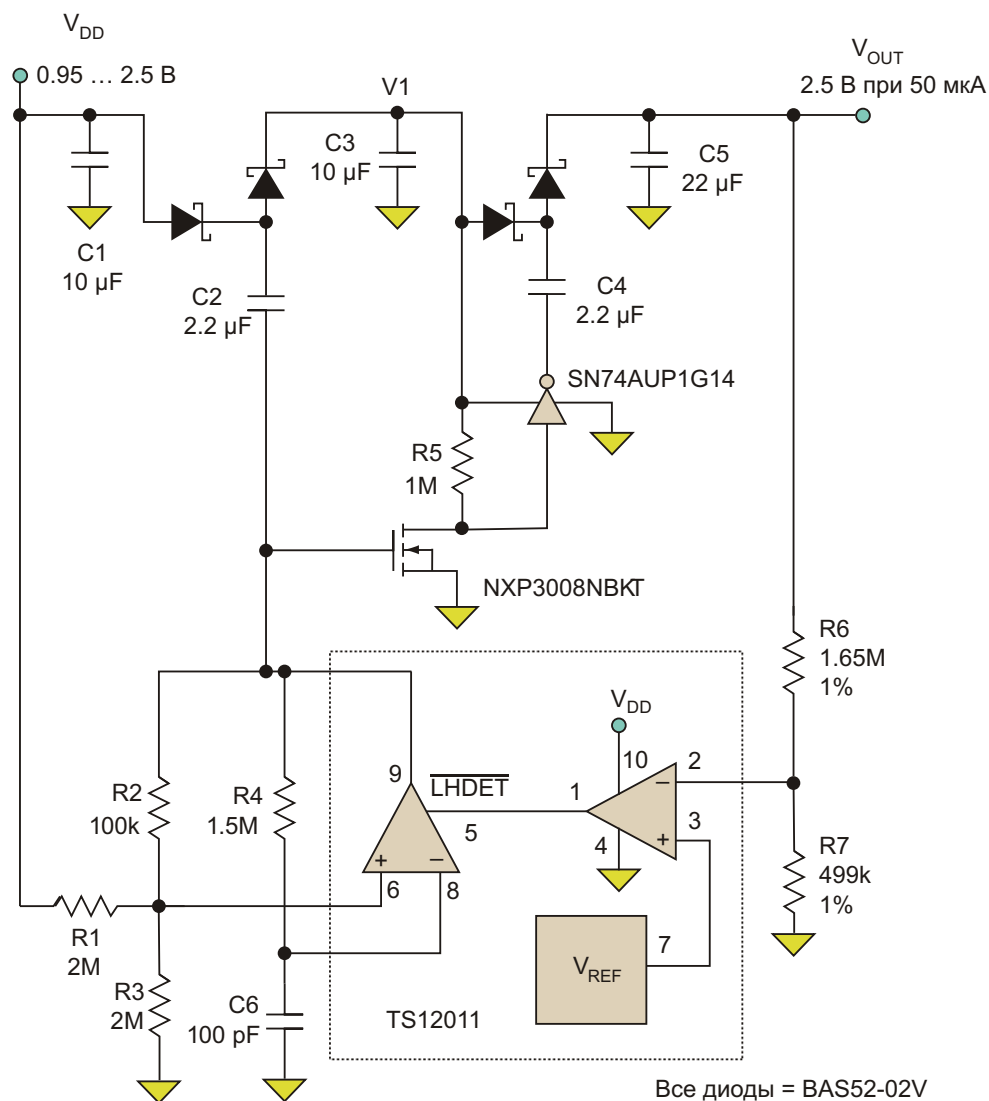


Рисунок 1. В низковольтном стабилизированном зарядовом насосе для суммирования напряжений использована технология «летающих конденсаторов» (C2 и C4).

лементной батареи. Выход компаратора имеет хорошую нагрузочную способность даже при напряжении ниже 0.8 В – необычное свойство, позволяющее управлять первым каскадом непосредственно импульсами генератора.

Семейству логических вентилей SN74AUP было отдано предпочтение из-за исключительно малой мощности потребления. Для снижения потерь переключения MOSFET также тщательно выбирались среди транзисторов с низким пороговым напряжением и малым зарядом затвора. В результате удалось создать схему, ток покоя которой составляет всего 8 мкА.

Когда выходное напряжение достигает порога регулирования, установленного опорным источником и делителем обратной связи, низкий уровень на выходе ОУ останавливает RC генератор по входу защелки $\overline{\text{LHDET}}$ *) (Рисунок 2).

Для обеспечения максимально возможного размаха напряжения на времязадающем конденсаторе C6 ширина петли гистерезиса выбрана весьма большой. Это создает для генератора наиболее эффективный режим работы с точки зрения величины отдаваемого тока. При использовании показанных на схеме номиналов компонентов максимальная частота будет равна примерно 1 кГц. Час-

*) Функциональная схема TS12011 приведена в предыдущей статье этого выпуска РадиоЛоцман.

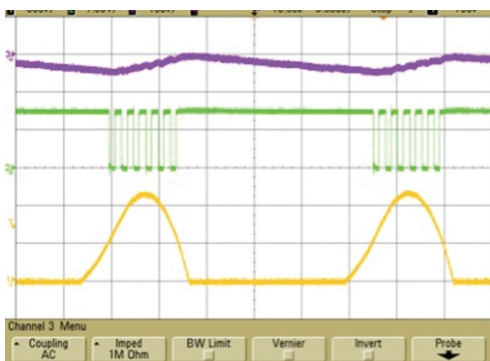


Рисунок 2. Генератор управляет количеством перекаченного заряда, от которого зависит выходное напряжение:

V_{OUT} (верхняя осциллограмма),
выход компаратора (средняя),
выход ОУ (нижняя).

тоту можно увеличивать вплоть до 3 кГц, но это будет предельным значением, так как далее начнут сказываться ограничения, обусловленные задержкой распространения сигнала в компараторе.

Выходной ток определяется количеством заряда, переносимым в каждом цикле, и частотой переключения. Точный расчет выходного импеданса или выходного тока регулируемого двухкаскадного зарядового насоса сложен и громоздок, но для оценки можно воспользоваться допущением, позволяющим использовать совсем простые выражения. Предположим, что в каждом цикле конденсатор заряжается и разряжается полностью (чего на самом деле, совершенно очевидно, не происходит). Тогда:

$$Q = C \cdot V,$$

$$I = Q \cdot F,$$

откуда

$$I = C \cdot V \cdot F,$$

где

C — емкость летающего конденсатора,

V — напряжение на конденсаторе в фазе заряда,

F — частота генератора,

I — ток, который тек бы на выходе, если бы весь накопленный в фазе разряда заряд мог быть полностью удален (грубый эквивалент ситуации при коротком замыкании нагрузки).

Используемый здесь модифицированный двухкаскадный насос Диксона умножает входное напряжение на четыре, и оба каскада должны быть сконструированы так, чтобы

обеспечивать перенос достаточного количества заряда в наихудшем случае, при минимальном напряжении батареи. Особенно важен первый каскад, к которому прикладывается самое низкое напряжение в схеме. Любое падение напряжения на первом выпрямителе вычитается из входного и, в конечном счете, усложняет решение поставленной задачи получения на выходе уровня 2.5 В.

Дополнительные сложности при выборе выпрямителей связаны с токами утечки, существенно влияющими на работу насоса и увеличивающими его ток холостого хода. Низкий обратный ток, незначительное прямое падение напряжения, миниатюрный корпус и широкая доступность удачно сочетаются в диоде Шоттки BAS52-02V.

Серьезным недостатком диодов Шоттки является значительный рост обратного тока утечки при высоких температурах, но лабораторные измерения показали, что у типичного диода BAS52 этот параметр очень неплох, и при 50 °C остается ниже 1 мкА. Если же потребуется прибор с еще меньшим током утечки, можно выбрать BAS40-02V, однако за это придется расплатиться лишними 75 мВ прямого напряжения.

Значения емкостей и частота переключения выбираются таким образом, чтобы с некоторым запасом обеспечить перенос всего требуемого количества заряда, вследствие чего выходное напряжение от этих параметров не зависит. В результате частота получается низкой, емкости конденсаторов сравнительно большими, а потери переключения, соответственно, незначительными. Еще важнее то, что большая продолжительность включенного состояния позволяет прямому напряжению диода достичь минимума за счет смещения рабочей точки на начальный участок вольтамперной характеристики, где падение на BAS52 оказывается даже несколько меньше 0.2 В.

Из приведенных выше упрощенных уравнений переноса заряда завышенная оценка величины тока первого каскада будет следующей:

$$(V_{DD} - V_{FWD} - V_{SAT1}) \cdot C3 \cdot F = \\ (0.95 \text{ В} - 0.2 \text{ В} - 0.05 \text{ В}) \cdot 2.2 \text{ мкФ} \cdot 1 \text{ кГц} = \\ 1.5 \text{ мА},$$

что многократно перекрывает требования к максимальному току нагрузки.

Здесь

V_{DD} — входное напряжение схемы,

V_{FWD} – прямое падение напряжения на диоде,

V_{SAT1} – падение напряжения на выходном каскаде компаратора в состоянии «включено».

Наилучшее возможное пиковое выходное напряжение V_1 в средней точке зарядового насоса равно:

$$2V_{DD} - 2V_{FWD} - V_{SAT1(H)} - V_{SAT1(L)},$$

где

$V_{SAT1(H)}$ – падение напряжения на выходном каскаде компаратора в состоянии «выключено»,

$V_{SAT1(L)}$ – падение напряжения на выходном каскаде компаратора в состоянии «включено».

Аналогично, пиковое напряжение V_{OUT} второго каскада равно:

$$2V_1 - 2V_{FWD} - V_{SAT2(H)} - V_{SAT2(L)},$$

где

$V_{SAT2(H)}$ – падение напряжения на выходе вентиля 74AUP в состоянии «выключено»,

$V_{SAT2(L)}$ – падение напряжения на выходе вентиля 74AUP в состоянии «включено».

Таким образом, максимально возможное пиковое напряжение на выходе при минимальном входном напряжении равно:

$$V_{OUT} = 4V_{DD} - 4V_{FWD} - 4V_{SAT} =$$

$$(4 \cdot 0.95 \text{ В}) - (4 \cdot 0.2 \text{ В}) - (2 \cdot 0.05 \text{ В}) - (2 \cdot 0.1 \text{ В}) = 2.7 \text{ В}$$

Опять же, как и выше, были приняты упрощающие допущения.

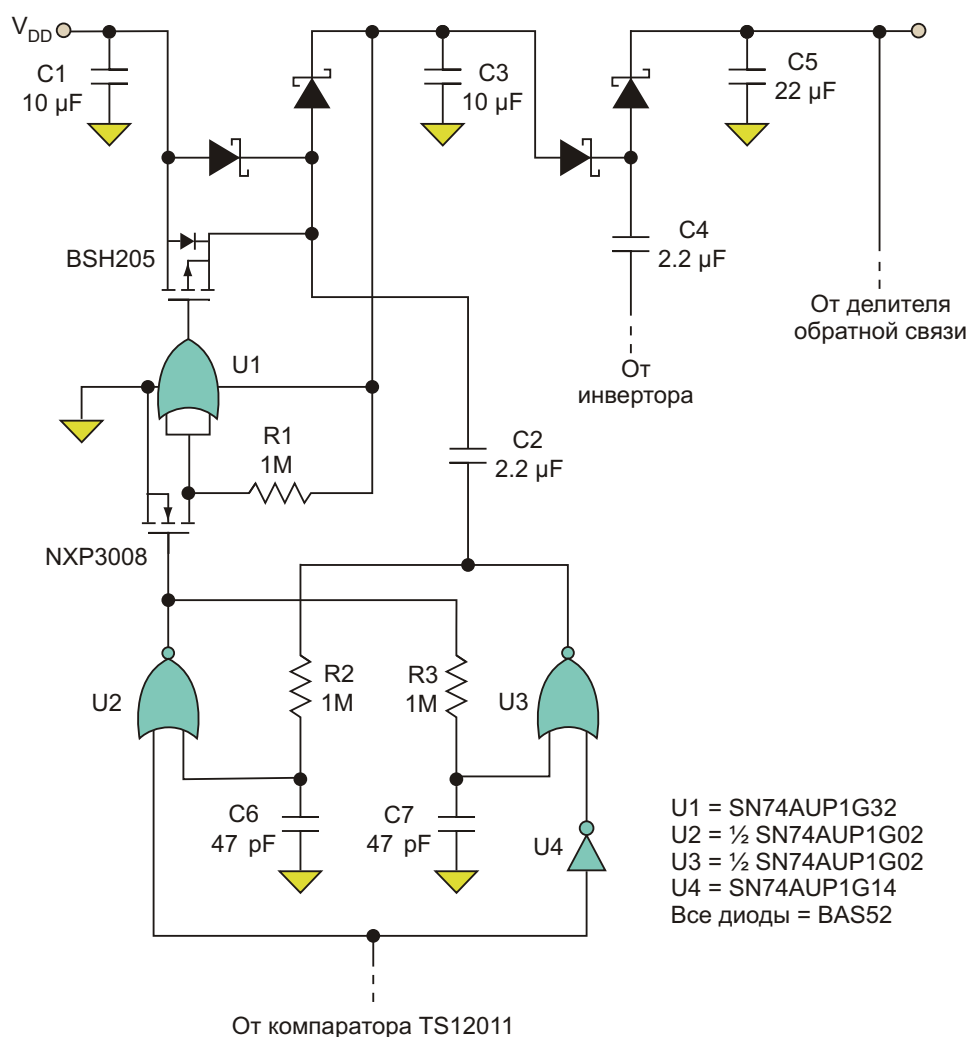


Рисунок 3. Для расширения нижнего диапазона входных напряжений до 0.9 в первом каскаде параллельно диоду добавлен синхронный выпрямитель.

Приведенные выкладки показывают, что в схеме учетверителя в нижнем диапазоне входных напряжений запаса на производственный разброс номиналов компонентов и их температурный уход практически не остается. Решить эту проблему и сместить границу рабочих режимов ниже 0.9 В можно несколькими способами: добавив еще один каскад токового насоса, смирившись с тем, что выходное напряжение будет не более 2.2 В (однако, не всякий микроконтроллер при этом сможет работать), или же, добавив синхронный выпрямитель параллельно первому диоду.

По понятным причинам, был выбран последний вариант. В изображенной на Рисунке 3 схеме низкороговый P-канальный MOSFET с малым зарядом затвора шунтирует первый диод насоса, благодаря чему прямое падение напряжения снижается с 0.2 В до приблизительно 0.01 В. Это дополнительно прибавляет несколько сотен милливольт именно там, где они нужнее всего – на выходе умножителя.

Логические вентили «ИЛИ-НЕ» формируют непрерывающиеся последовательнос-

ти импульсов, управляющих синхронным выпрямителем. Основная задача, которая здесь должна быть решена, заключается в том, что напряжения на затворе MOSFET и на летающем конденсаторе никогда не должны быть одновременно высокими. Мертвое время определяется постоянной времени RC цепочки и равно 1 МОм · 47 пФ, что, с одной стороны, очень много, но с другой, совершенно естественно, так частота генератора 1 кГц очень мала.

Зарядовые насосы являются альтернативой повышающим преобразователям на основе индуктивностей и прекрасно вписываются в распространенную архитектуру многих микроконтроллерных систем, большую часть времени пребывающих в микромощном режиме поддержания часов реального времени, и лишь изредка переключающихся в активный режим. Проблемы создания таких схем для сверхмалых входных напряжений решаются правильным выбором низковольтных компонентов, тщательной оценкой оптимального значения частоты переключения и грамотным использованием вольтамперных характеристик выпрямителей. **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!