

Журнал для тех, кто интересуется электроникой



РАДИОЛОЦМАН

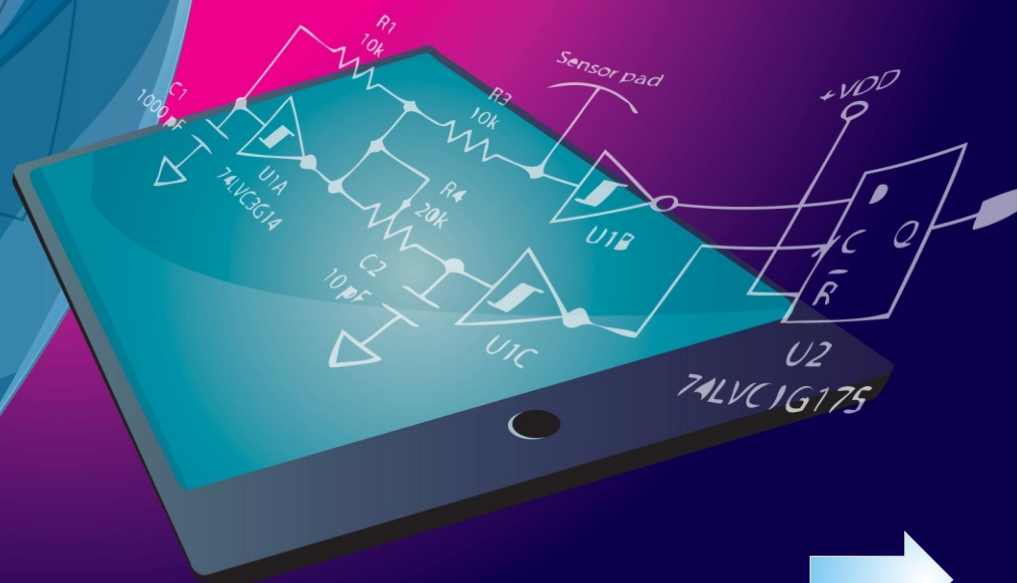
июнь 2011

Повышение эффективности использования
цифровых линий ввода/вывода
микроконтроллеров

Особенности выбора и применения
микросхем ЦАП для звуковых приложений

Мобильный Интернет — угроза бизнесу
сотовых операторов?

Аккумуляторы площадью
с гандбольное поле
помогут «зеленой» энергетике



ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА

НОВОСТИ

Интегрированное DrMOS решение фирмы Vishay позволяет отдавать в нагрузку ток до 40 А с КПД более 93%	5
Hittite представляет генератор сигналов 0.01... 20 ГГц с батарейным питанием	6
Texas Instruments продолжает повышать уровни производительности и инноваций DSP	7
Аккумуляторы площадью с гандбольное поле помогут «зеленой» энергетике	9
Светодиодные модули LMR4 потребляют на 42% меньше энергии, чем люминесцентные лампы	11
Vishay выпустила белые светодиодные модули для коммерческих, промышленных, автомобильных и домашних применений	11

СХЕМЫ

Охранная система для дома с SMS-оповещением	36
Возможность соединения удаленных MIDI инструментов с использованием LAN кабеля	40
Замена выпрямительного диода MOSFET транзистором снижает потери в источнике питания	42
Повышение эффективности использования цифровых линий ввода/вывода микроконтроллеров	44
Измерение температуры с высоким разрешением	48

СТАТЬИ

Мобильный Интернет — угроза бизнесу сотовых операторов?	13
Особенности выбора и применения микросхем ЦАП для звуковых приложений	16
Почему так важен правильный выбор конденсаторов для LDO стабилизатора	29

ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

Редакция начинает выпуск периодического электронного журнала «РадиоЛоцман».

Вы сможете регулярно знакомиться с наиболее интересными новостями из мира электроники, первыми читать обзорные и обучающие статьи, изучать и использовать опыт разработчиков со всех концов света.

Это – первый эксперимент. Поэтому для нас очень важно и интересно ваше отношение к новому проекту. Возмущайтесь, одобряйте, советуйте, пишите. Редакция будет признательна за любую конструктивную критику, внимательно изучит любые ваши пожелания и рекомендации.

Интегрированное DrMOS решение фирмы Vishay позволяет отдавать в нагрузку ток до 40 А с КПД более 93%

Vishay Intertechnology анонсировала интегрированное DrMOS решение, объединившее в одном 40-выводном корпусе MLP размером 6 6 мм оптимизированные для режима ШИМ N-канальные MOSFET транзисторы верхнего и нижнего плеча, полнофункциональную микросхему драйвера MOSFET и ограничительный диод. SiC779CD полностью соответствует спецификации DrMOS 4.0 для регуляторов напряжения, используемых в серверах и настольных компьютерах, графических адаптерах, рабочих станциях, игровых консолях и других системах, использующих процессоры с большой потребляемой мощностью. Прибор допускает работу на частотах свыше 1 МГц и имеет КПД более 93%.



Усовершенствованный драйвер затворов SiC779CD принимает сигнал ШИМ, нормализованный контроллером питания, и выраба-

тывает управляющие сигналы для затворов MOSFET транзисторов верхнего и нижнего плеча. Внешний 5-вольтовый вход ШИМ совместим со всеми контроллерами, но, в первую очередь, разрабатывался для источников с тремя состояниями выхода.

Устройство работает при входных напряжениях от 3 до 16 В и может непрерывно отдавать в нагрузку ток до 40 А. Интегрированные MOSFET транзисторы оптимизированы для выходных напряжений от 0.8 до 2.0 В и номинального входного напряжения 12 В. SiC779CD может, также, обеспечивать питанием 5 В специализированные интегральные схемы с большим током потребления.

Интегрированная микросхема драйвера содержит блок автоматического детектирования облегченной нагрузки, переводящий устройство в режим пропуска импульсов ШИМ. Адаптивная схема управления «мертвым временем» увеличивает КПД при любом токе нагрузки. Защитные функции включают в себя блокировку при перенапряжении по входу, сквозную защиту от всех видов перегрузки и выход предупреждения о перегреве перехода.

Интеграция в одном приборе SiC779CD управляющей микросхемы и MOSFET транзисторов сокращает потери мощности и снижает эффект паразитных импедансов, возникающий в высокочастотных силовых каскадах. Разработчики имеют возможность выбора повышенной рабочей частоты, что позволяет улучшить переходную характеристику, сэкономить на компонентах выходного фильтра и добиться максимально плотности мощности в многофазных приложениях Vcore.

Прибор не содержит галогенов и удовлетворяет директиве RoHS 2002/95/EC.

Hittite представляет генератор сигналов 0.01... 20 ГГц с батарейным питанием



Хорошо знакомая многим разработчикам электроники своими СВЧ микросхемами и модулями, компания Hittite Microwave Corporation сравнительно недавно приступила к производству универсальных генераторов сигналов. Представленный портативный прибор HMC-T2220B с полосой частот от 10 МГц до 20 ГГц, продается по цене \$14,998 и, фактически, по совокупности таких параметров, как выходная мощность, уровень гармоник и цена становится лучшим портативным прибором на рынке.



Идеальный для использования в автоматизированных испытательных и измерительных системах, легкий и компактный прибор

HMC-T2220B имеет выходную мощность до +28 дБм в режиме непрерывной генерации, переключаемую с шагом 0.1 дБ в динамическом диапазоне не менее 60 дБ.

Среди прочих важнейших характеристики прибора следует выделить следующие:

Подавление гармоник на частоте 2 ГГц	не хуже –34 дБн
Уровень паразитных составляющих на частоте 10 ГГц	менее –65 дБн
Полоса частот	10 МГц ... 20 ГГц
Шаг перестройки частоты	1 Гц
Время перестройки частоты	300 мкс
Диапазон рабочих температур	0 ... +35 °C

С внутренними аккумуляторами прибор может автономно работать до четырех часов, что делает HMC-T2220B портативным и универсальным инструментом, особенно привлекательным для служб монтажа проводного и беспроводного оборудования, при полевых испытаниях и техническом обслуживании.

Созданный на основе СВЧ микросхем собственной разработки Hittite, этот универсальный портативный генератор выделяется наличием нескольких внешних интерфейсов (USB, GPIB и Ethernet) и инновационным управляющим программным обеспечением, с помощью которого прибор легко интегрируется в любую измерительную систему. Поставляемый с каждым прибором установочный диск содержит полный набор необходимых драйверов, а также, удобный графический интерфейс пользователя, совместимый с Windows XP или Windows Vista.

Texas Instruments продолжает повышать уровни производительности и инноваций DSP

TMS320C6671 – одноядерный представитель семейства цифровых сигнальных процессоров TMS320C66x, выполненный по архитектуре KeyStone с поддержкой вычислений с фиксированной и плавающей точкой, имеющий самую высокую скорость работы и производительность в отрасли

Компания Texas Instruments является лидером в отрасли высокопроизводительных цифровых сигнальных процессоров, но продолжает повышать уровни производительности и инноваций, выпуская новый одноядерный цифровой сигнальный процессор (DSP) TMS320C6671 поколения TMS320C66x, а также, сообщая об усовершенствовании четырехядерной коммуникационной системы-на-кристалле (SoC) TMS320C6670.



DSP TMS320C6671 является самым быстрым в отрасли одноядерным процессором с рабочей частотой 1.25 ГГц и поддержкой вычислений с фиксированной и плавающей точкой, предоставляющий для разработчиков путь простого перехода к многоядерным

устройствам со стратегическим подходом к проекту. Процессор базируется на многоядерной архитектуре KeyStone, что позволяет познакомить разработчиков с многоядерными приборами, не нуждаясь в анализе работы таковых.

Архитектура KeyStone обеспечивает высокопроизводительную структуру для интеграции RISC и DSP ядер со специфическими сопроцессорами и контролерами ввода/вывода. Данная архитектура является первой в своем роде, которая обеспечивает достаточную внутреннюю пропускную способность для доступа ко всем процессорным ядрам, периферии, сопроцессорам и контролерам ввода/вывода. Достигается это с помощью четырех основных аппаратных элементов: Multicore Navigator, TeraNet, Multicore Shared Memory Controller и HyperLink

Отличительные особенности:

- одноядерная DSP подсистема (C66x CorePac):
 - ядро C66x с рабочей частотой 1.25 ГГц с поддержкой операций с фиксированной и плавающей точкой;
 - ♦ производительность 40 GMAC для вычислений с фиксированной точкой (1.25 ГГц);
 - ♦ производительность 20 GFLOP для вычислений с плавающей точкой (1.25 ГГц);
 - 32 КБайт память первого уровня (программа), 32 КБайт память первого уровня (данные);
 - 512 КБайт локальная память второго уровня (может быть сконфигурирована как КЭШ, или SRAM, или как комбинация КЭШа и SRAM);

- контроллер общей памяти многоядерной архитектуры (MSMC):
 - 4096 КБайт MSM SRAM;
 - модуль защиты памяти для MSM SRAM и DDR3 на внешнем интерфейсе;
- встроенный модуль Multicore Navigator;
- встроенные сетевые сопроцессоры, выполняющие задачи передачи и шифрования данных, поддержка различных протоколов и алгоритмов;
- Ethernet MAC подсистема;
- модуль HyperLink (поддержка подключений к другим устройствам с архитектурой KeyStone);
- 64-битный интерфейс DDR3 (DDR3-1600, адресное пространство 8 ГБайт);
- 16-битный интерфейс внешней памяти:
 - поддержка до 256 МБайт NAND Flash и 16 МБайт NOR Flash;
 - поддержка асинхронной SRAM до 1 МБайт;
- два последовательных порта Telecom;
- интерфейсы UART, I²C, SPI;
- два 64-битных таймера;
- три встроенных PLL;
- 16 линий ввода/вывода общего назначения.

Встроенный модуль Multicore Navigator – это инновационный пакетный менеджер, который имеет возможность управления 8192 очередями. Когда задачи распределяются в очереди, данный модуль обеспечивает аппаратное ускорение и направляет задачи в соответствующие доступные аппаратные модули. Внутренняя системная шина TeraNet имеет пропускную способность 2 Тбит/с. Контроллер общей памяти многоядерной архитектуры (Multicore Shared Memory Controller,

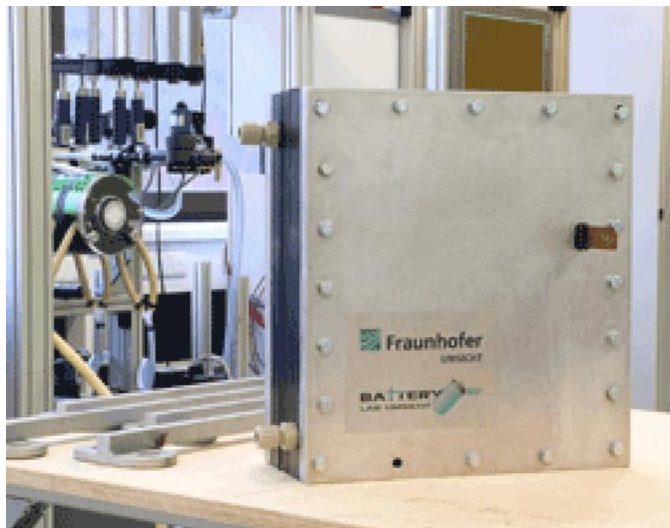
MSMC) включает доступ процессорным ядрам к общей памяти непосредственно, независимо от емкости шины TeraNet, поэтому передвижение данных не может быть заблокировано ограничением доступа к памяти.

Модуль HyperLink, с пропускной способностью 50 Гбит/с, предоставляет возможность коммуникации на уровне чипа для возможности работы систем-на-кристалле с архитектурой KeyStone в тандеме.. Высокая пропускная способность и низкоуровневый протокол делают его идеальным для взаимной коммуникации чипов. Работает он совместно с Multicore Navigator, отправляет задачи на тандемные устройства и выполняет задачи, как на едином устройстве.

Как было замечено выше, с целью поддержки многостандартных коммуникационно-ориентированных приложений была усовершенствована система-на-кристалле TMS320C6670. В состав устройства вошли сопроцессор Bit Rate Coprocessor (BCP) и сопроцессоры, отвечающие за ускорение физических уровней для LTE, WCDMA, TD-SCDMA и WiMAX. Кроме того, была существенно увеличена емкость системы и производительность за счет снижения времени ожидания.

Аккумуляторы площадью с гандбольное поле помогут «зеленой» энергетике

«Зеленую» энергию можно было бы сделать значительно более эффективной, просто научившись сохранять ее на период безветрия или темноты. Одним из возможных решений является создание аккумулятора на основе окислительно-восстановительных процессов, часто называемого «проточный редокс-аккумулятор», способного обеспечивать питанием 2000 домохозяйств. Над решением этой задачи совместно работают несколько институтов Фраунгофера (Fraunhofer).



Прототип аккумулятора, основанного на использовании окислительно-восстановительных процессов, с выходной мощностью 1 кВт.

Долгосрочная задача, которую поставили перед собой разработчики, заключается в создании аккумулятора размером с гандбольную площадку и высотой 6 м, отдающего мощность 20 МВт, достаточную для электроснабжения 2000 домохозяйств в долгие зимние ночи или в облачные дни. «Мы уже добились

устойчивости процесса», отмечает д-р Кристиан Деч (Christian Dutsch), менеджер по энергоэффективным технологиям одного из участвующих в проекте институтов. «Задача сегодняшнего дня заключается в увеличении габаритов нашей установки».



Стек проточных редокс-элементов с объемом активной зоны 700 см²

В редокс-аккумуляторах используется жидкий электролит на основе соединений ванадия, попеременно испускающих и принимающих электроны вдоль специальных мембран. В связи с тем, что в аккумуляторах используются только соединения ванадия, а не две различные жидкости одновременно, как в других системах, образование примесей исключается. «Это позволяет строить исключительно надежные и долговечные аккумуляторы», подчеркивает д-р Том Смолинка (Tom Smolinka), отвечающий за координацию работ по солнечным энергосистемам в институте Фраунгофера.

Разряд и заряд происходят в тонких реакционных камерах, объединенных в стеки для увеличения выходной мощности. В настоящее время размеры мембран, а следовательно, и отдельных ячеек, имеют размер листа бумаги формата А4. Одна из проблем, решаемая методами математического моделирования, заключается в обеспечении равномерности протекания электролита через эти большие мембраны. В конце года планируется создать установку мощностью 20 кВт. Порог в 1 МВт исследователи надеются преодолеть примерно через пять лет.

Исследования в области аккумуляторов такого типа продолжаются уже более 25 лет. Созданием ванадиевых редокс-аккумуляторов занимаются компании Ashlawn Energy в Александрии, VA, Renewable Energy Dynamics в Ирландии, Cellstrom GmbH в Австрии и Cellennium в Таиланде. Некоторым, к настоящему времени, удалось изготовить установки мощностью до 100 кВт.



Лабораторная испытательная установка мощностью 1 кВт, предназначенная для оценки результатов моделирования



Сделано в Германии

**КЛЕММЫ, РАЗЪЕМЫ
МОДУЛИ ВВОДА-ВЫВОДА,
АКСЕССУАРЫ**

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

www.decima.ru

Светодиодные модули LMR4 потребляют на 42% меньше энергии, чем люминесцентные лампы

Cree анонсировала светодиодный модуль семейства LMR4 со световым потоком 1000 лм при светоотдаче 66 лм/Вт. Модули, представляющие собой полностью интегрированную систему локального освещения, могут найти применение при создании высококачественных решений для освещения коммерческих, торговых или жилых площадей.



Благодаря использованной технологии Cree TrueWhite®, модули LMR4-1000 обеспечивают высокое качество освещения, а их эффективность выше, чем у конкурирующих устройств. Они потребляют на 42% меньше энергии, чем стандартные 26-ваттные люминесцентные лампы. Так же LMR4-1000 являются единственными доступными светодиодными модулями на 1000 люмен с цветовой температурой 2700 К. При индексе цветопередачи (CRI) более 90, модули способны

заменить 100-ваттные лампы накаливания в системах освещения.

«В LMR4-1000 использованы проверенные технологии, позволяющие нашим клиентам быстро и легко перейти на энергосберегающие светодиодные системы освещения», — заявил Скотт Шваб (Scott Schwab), менеджер линейки светодиодных модулей компании Cree. — «Опираясь на достижения в области разработки светодиодных модулей Cree, LMR4-1000 обеспечивает высокое качество света, отвечающее требованиям таких применений как освещение ресторанов, гостиниц и домов».

Модули LMR4-1000 включают в себя интегрированную систему электронного, оптического и температурного управления, что делает компактные модули готовыми к использованию. Обеспечивая до 35000 часов работы при падении светимости до 5%, светодиодные модули LMR4-1000 доступны в вариантах с цветовой температурой 2700 К, 3000 К, 3500 К и 4000 К и индексом цветопередачи более 90.

Vishay выпустила белые светодиодные модули для коммерческих, промышленных, автомобильных и домашних применений

Модули собраны из 6 или 12 белых светодиодов высокой яркости с цветовой температурой от 5000 К до 7000 К и световым потоком до 1740 лм

Vishay Intertechnology анонсировала три светодиодных модуля с холодным белым цветом свечения, состоящих из 6 или 12 све-

тодиодов. 6 светодиодов модуля VLPC0601A2 размещены на печатной плате площадью 240 × 14 мм и создают световой поток 870 лм. В приборе VLPC1201A2J количество светодиодов, при той же площади платы, вдвое больше, и равно 12. Световой поток, соответственно, также удвоился, достигнув 1740 лм. А модуль VLPC1201A2 просто представляет собой половину от VLPC1201A2J. Его площадь 120 × 14 мм, световой поток – 870 лм. Широкий выбор опций позволяет разработчику подобрать модуль, идеально согласующийся с приложением по размеру и яркости свечения.



Разработанные для замены флуоресцентных ламп в коммерческих, промышленных и жилых помещениях, а также для светящихся вывесок и автомобильных приложений, VLPC0601A2, VLPC1201A2J и VLPC1201A2 выпускаются в диапазоне цветовых температур от 5000 К до 7000 К. Имеющие белую блестящую поверхность, модули смонтированы на односторонних печатных платах с металлическим основанием и толщиной слоя меди не менее 0.75 мкм. В модуле VLPC0601A2 светодиоды располагаются с

шагом 40 мм, а в VLPC1201A2J и VLPC1201A2 – 20 мм.

Максимальный рабочий ток приборов 700 мА, угол обзора равен $\pm 80^\circ$. Все светодиоды выпускаются на основе InGaN. Модули могут продаваться в цветных кожухах.

Поставка светодиодных модулей в промышленных количествах возможна через 6 недель после заказа.

Мобильный Интернет — угроза бизнесу сотовых операторов?

Kyle Harper, Texas Instruments



Официальный логотип LTE

Наступившая эпоха мобильного Интернета настойчиво и стремительно вытесняет бизнес и инфраструктуру сотовых операторов в совершенно новом направлении. Для того чтобы поспевать за стремительным ростом беспроводного трафика и избежать сбросов звонков, безуспешных попыток загрузки и прерывов видео, операторам придется переходить к стандарту 4G LTE (Long-Term Evolution).

Каким же образом оператор сможет надежно доставлять все эти новые и разнообразные пакеты потребителю и при этом получать прибыль? Традиционными средствами — никак. Настало время неизбежного перехода к широкополосной беспроводной связи, по завершении которого через несколько лет гомогенная топология сотовой сети каждого мобильного оператора, образованная макро- и компактными базовыми станциями, будет надежно укреплена гетерогенной смесью малых базовых станций.

Наряду с внешними удаленными радиоблоками, пико- и городскими сотами, базовые станции будут включать в себя внутренние

офисные и домашние ячейки. Кроме того, топология транспортных сетей станет одинаково неоднородной, причем, на одних участках операторы будут продолжать эксплуатировать и расширять свои собственные каналы выхода в Интернет, а на других — использовать существующие подключения операторов проводных сетей.

Эта новая смесь базовых станций и транспортных сетей должна позволить мобильным операторам использовать и превращать в деньги свой самый дефицитный ресурс — частотный спектр, обеспечивая передачу голоса, данных и мультимедиа с нормальной рентабельностью, в любое время и в любом месте. Добавление малых ячеек расширит арсенал технических средств операторов решениями, позволяющими наилучшим образом заполнить неизбежные разрывы зон радиопокрытия и организовать взаимодействие с провайдерами проводного Интернета для транспортировки все возрастающей доли 4G трафика к сети Интернет.

Скорость передачи данных постоянно растет

В 2010 году голос начал отступать под натиском видео и мультимедиа, ставших убийцами пользователей мобильных телефонов. В то время как доля пользователей смартфонов составляла 13% клиентской базы операторов, на них приходилось 33% общего сетевого трафика. Теперь, когда iPad и прочие планшетные устройства стремительно усиливают давление на сети, операторам, чтобы не обмануть ожидания потребителей своих услуг, придется активно работать над увеличением пропускной способности беспроводных сетей.

Так что же могут сделать операторы, чтобы предоставить каждому пользователю большую скорость передачи данных? Во-первых, операторы могут увеличить долю пропускной способности, приходящуюся на потребителя, сократив количество самих потребителей в

соте. Это даст возможность каждому пользователю получить больший ломоть от общего пирога пакетов одной ячейки.

Ввиду того, что развертывание сетей 4G/LTE будет происходить на фоне и на основе существующей инфраструктуры 3G, многие операторы собираются сократить радиус покрытия своих базовых станций наполовину, с номинальных 10...30 миль до 5...15 миль. Поскольку эта мера значительно увеличит бреши в зонах покрытия, или «мертвые зоны» между существующими макро сотами, что явно не приведет пользователей в восторг, операторам придется решать, как заполнить образовавшиеся промежутки. Наилучшим образом подходят для этой цели мини ячейки, экономически намного более эффективные, чем макро или компактные базовые станции.

Спасение в мини ячейках

Мини ячейки могут быть самых разных габаритов и конструкций, включая такие наружные мини ячейки, как удаленные радиоблоки, пико и городские соты, или внутреннее мини ячейки, такие как офисные или домашние фемто соты. Общим для всех мини ячеек является следующее:

- Радиус покрытия существенно меньше, чем у макро или компактных базовых станций, что более подходит для заполнения небольших промежутков
- Существенно меньшие габариты, позволяющие спрятать оборудование от посторонних глаз.

- Существенно меньшая стоимость оборудования и его монтажа, чем для макро и компактных базовых станций

В тоже время, с распространением мини сот обострится проблема взаимного влияния смежных ячеек, что заставляет операторов внимательно изучать характеристики сетей на краях мини сот и искать пути уменьшения этого влияния.

Диапазоны покрытия кластеров удаленных радиоблоков, внешних пико- и городских базовых станций намного обширнее, так как они разрабатывались для обслуживания большего количества пользователей, чем

короткодиапазонные офисные и домашние ячейки.

Хотя операторам придется оплачивать расходы, связанные с обслуживанием наружной аппаратуры, эти расходы будут намного

меньше, чем расходы на поддержание макро и компактных станций. К тому же, плата за обеспечение функционирования внутренних фемто ячеек будет возложена не на оператора, а на предпринимателей или домовладельцев.

Обеспечение качества предоставления услуг

Считать все пакеты данных одинаковыми уже будет нельзя. Как макро, так и мини ячейкам придется научиться анализировать и различать голосовые пакеты, пакеты данных, мультимедиа и потокового видео для приоритизации и соответствующей маршрутизации.

Для передачи такой смеси пакетов от малых ячеек к Интернету придется задействовать иные каналы, нежели те, которые используются для макро и компактных базовых станций. В то время как макро и компактные станции традиционно используют для подключения к Интернету собственные транспортные сети операторов, большинство малых базовых станций будут внедрять свой трафик поверх протоколов существующих широкополосных проводных сетей третьей стороны.

Этой «третьей стороной» будет интернет провайдер, используемый собственником домашних фемто, или офисных фемто, городских и пико ячеек. Пропускная способность, которую смогут предоставить интернет провайдеры операторам, будет значительно разниться от станции к станции. Чтобы в такой ситуации гарантировать минимальное качество обслуживания, оператору будет необходимо оговаривать с провайдером минимальный объем трафика, скорее всего, в обмен на некоторую долю своих доходов. Здесь можно ожидать сложностей, поскольку мобильные операторы и провайдеры проводных сетей редко сотрудничали в прошлом.

Заключение

С переходом от 3G к 4G операторы будут должны преобразовать свою инфраструктуру, переориентировав топологию, рассчитанную на транспортировку голоса и данных, на топологию, оптимизированную под потребителей мультимедийной и развлекательной продукции, независимую ни от сценариев ее использования, ни от категории пользователей. Бла-

годаря использованию мини сот для заполнения существующей макро топологии, операторы и пользователи получают возможность наслаждаться высокой пропускной способностью за счет повышения спектральной эффективности и повторного использования частотных полос.

Особенности выбора и применения микросхем ЦАП для звуковых приложений



Юрий Петропавловский

Разработка АЦП и ЦАП для звуковых приложений является одним из немногих направлений электроники, трудно поддающихся автоматизации проектирования. Приборы и оборудование, обеспечивающие высокое качество звучания, разрабатываются в основном традиционными методами, так как не существует САПР, учитывающих субъективные характеристики звучания, даваемые музыкантами, звукорежиссёрами и профессиональными экспертами качества звуковоспроизводящей аппаратуры.

Реальная потребность использования ЦАП в звуковых приложениях возникла более



Рис. 1. Первый компакт-диск фирмы Philips

40 лет назад, когда японская радиовещательная корпорация NHK начала исследования по цифровой звукозаписи. Успешные опыты были проведены в 1967 году, в качестве магнитофона использовался модифицированный видео-

магнитофон, работающий на ленте 25.4 мм. Звуковой сигнал в цифровой форме записывался в полосе частот видеозаписи, частота дискретизации составляла 40 кГц с 12-ти разрядным нелинейным квантованием. В 1970 году началось ускоренное внедрение цифровой магнитной записи в студиях, для чего в основном использовались модифицированные видеомэгнитофоны U-matic с лентой шириной 19 мм [1]. Однако широкое распространение цифровой звукозаписи связано с разработкой фирмами Philips и Sony системы записи на компакт-диск.

Со времени выпуска 17 августа 1982 года на заводе фирмы PolyGram в Лангенхагене (Германия) первого компакт-диска прошло более 28 лет, а дискуссии среди любителей высококачественного звука, радиолюбителей, разработчиков электронной техники и профессионалов музыкальной индустрии по поводу качества звучания CD и «цифрового звука» продолжаются до сих пор. (На этом пилотном диске была записана Альпийская симфония Рихарда Штрауса) [2]. В действительности первый компакт диск был изготовлен в 1976 году (фото на рис.1), в 1979 диск и прототип проигрывателя Philips был представлен жур-

налистам, диск был изготовлен на заводе Philips в Нидерландах, имел диаметр 11.5 см и толщину 1.1 мм (размеры стандартного CD 12 см/1.2 мм) [3].

ЦАП используются не только в бытовой цифровой технике, но и в профессиональной аппаратуре, например, в многоканальных цифровых сумматорах, микшерных пультах, встраиваемых компьютерных платах и других приборах, где ЦАП используется для контроля суммарного сигнала звукорежиссёрами. Цифро-аналоговое преобразование является наиболее «узким» местом в системах цифрового звука, приближение его к идеалу требует использование нереализуемого восстанавливающего фильтра, существует и теоретическое обоснование этого факта [4], поэтому оптимальный выбор микросхем ЦАП для ответственных звуковых приложений является непростой задачей. Её выполнение осложняется и некоторыми, не зависящими от разработчиков обстоятельствами, речь идёт о прекращении в последние годы производства ведущими полупроводниковыми фирмами высококачественных ЦАП с параллельной структурой, либо перевода их в категорию снимаемых с производства EOL (End of Life). Такие микросхемы, слишком дорогие в производстве, заменяются значительно более дешёвыми одноразрядными ЦАП на основе дельта-сигма модуляции, причём нередко совмещённые с цифровыми фильтрами и предварительными аналоговыми каскадами. По мнению многих специалистов и любителей высококачественного звука, аппаратура с одноразрядными преобразователями далеко не всегда может достигнуть уровня, обеспечиваемого лучшими образцами с параллельными (мультибитовыми) ЦАП, спрос на которые по-прежнему сохраняется.

Некоторые производители продолжали выпускать высококачественные мультибитовые ЦАП вплоть до текущего года, например, в каталогах Texas Instruments 2009, 2010 гг. фигурировали микросхемы PCM1702, PCM1704 фирмы Burr-Brown, разработанные более 15 лет назад. К сожалению, отпускная цена этих микросхем на порядок выше, чем у новейших микросхем одноразрядных ЦАП сопоставимого качества (около 20000 долл. за 1000 шт.). Однако при проектировании аппаратуры для ответственных приложений цена микросхем не играет существенной роли, и разработчики применяют высококачественные мультибитовые ЦАП категории EOL и снятые с производства, ряд которых ещё можно заказать у различных дистрибьюторов электронных компонентов.



Рис. 2. Первый проигрыватель Philips-CDP-100

Непрерывная «гонка» за качеством звука началась вскоре после презентации в Токио в ноябре 1982 года первых серийных моделей CD проигрывателей Sony и Philips и появления термина «цифровой звук». В первом проигрывателе Philips-CDP-100 (фото на рис. 2) была

применена микросхема ЦАП TDA1540, в первом проигрывателе SONY-CDP-101 (фото на рис. 3) – микросхема CX20017, обе микросхемы собственной разработки.



Рис. 3. Первый проигрыватель Sony-CDP-101

Основные параметры TDA1540:

- число каналов – 1,
- квантование – 14 разрядов,
- тактовая частота (master clock) – 12 МГц,
- отношение сигнал/шум – 85 дБ.

Соответствующие параметры CX20017:

- число каналов – 2,
- квантование – 16 разрядов,
- частота дискретизации – 44.1 кГц,
- отношение сигнал/шум – 90 дБ.

Ко времени презентации обе фирмы согласовали все параметры системы CD-AUDIO, в том числе и параметры дискретизации и квантования, однако Philips не имела к этому времени соответствующего ЦАП и использовала одну из своих предыдущих разработок. Для улучшения разрешающей способности цифро-аналогового преобразования перед ЦАП были введены цифровой фильтр с 4-х кратной

передискретизацией на базе микросхемы SAA7030 собственного производства и схема формирования шума (noise shaping). Кроме того, на выходах ЦАП были установлены ФНЧ высокого порядка [5]. В типовой схеме включения TDA1540 установлен фильтр Кауэра 9-го порядка (эллиптический фильтр), отличающийся очень крутым скатом АЧХ и наличием пульсаций АЧХ в полосах пропускания и подавления. Решения, принятые Philips, в частности передискретизация и noise shaping впоследствии были взяты на вооружение практически всеми производителями одноканальных ЦАП различных типов.

Несмотря на сравнительно низкую разрядность, звучание проигрывателей с комплектом TDA1540+SAA7030+ФНЧ высокого (9-11) порядка оказалось весьма высоким и по различным рейтингам превышало уровень многих японских проигрывателей с 16-ти разрядными ЦАП. В 1985 году Philips выпустила 2-х канальный 16-ти разрядный ЦАП TDA1541, рассчитанный на совместную работу с цифровым фильтром SAA7220P, в этом сочетании схема noise shaping и ФНЧ высокого порядка уже не требовались. Качественные параметры микросхемы TDA1541 в сравнении с предшественником улучшились, в том числе за счёт, разработанной Philips схемой DEM (Dynamic Element Matching) динамический элемент (схема) сравнения, выравнивающая режимы внутренних источников тока, введение схемы позволило уменьшить ошибки преобразования. Рейтинги проигрывателей с новым комплектом микросхем также были высоки. Улучшенная модификация ЦАП – TDA1541A обеспечивала работу с двумя частотами дискретизации – 44.1 и 48 кГц, также в комплекте с цифровым фильтром SAA7220P. Специально отбираемые из выпускаемых

партий микросхемы с наилучшими параметрами получали наименования TDA1541A S1, TDA1541A S2 (фото на рис. 4) и имели маркировку в виде одной или двух корон. Характерным штрихом, подтверждающим высокие качественные характеристики микросхем TDA1541A S2, является выпуск в 1998 году фирмой Marantz проигрывателей CD-7 класса HI-FI уже после фактического прекращения производства TDA1541A S2 из заранее сделанных запасов [5].



Рис. 4. Микросхема TDA1541 S2

Важнейшими характеристиками ЦАП, определяющими качество звучания, являются частота дискретизации и разрядность квантования, большинство параметров, приводимых в листах данных микросхем, в той или иной степени зависят от них. Вопросы, связанные с необходимостью повышения частоты дискретизации и разрядности квантования для повышения качества звучания цифровой аппаратуры, обсуждаются на протяжении многих лет, однако однозначного ответа на них нет до сих пор. Серьёзный анализ влияния указанных параметров на достоверность и максимальную точность звукопередачи в цифровых системах был приведён в докладе профессора Университета McGill (Канада) Веслава Войчика на 115-м конгрессе AES в Нью-Йорке (Университет McGill является крупнейшим мировым центром исследований в области психоакустики). Основные положения, приведённые

в докладе, обобщены в статье профессора СПбГУП Ирины Алдошиной [6], коротко приведём те из них, которые в той или иной степени касаются характеристик ЦАП.

Способность слуховой системы услышать каждый инструмент на его реальном месте, оценить влияние помещения с учётом быстрого изменения всех этих взаимодействий во времени зависит, прежде всего, от уникальных возможностей слухового аппарата. Однако при передаче всей пространственной картины, её восприятие зависит и от разрешающей способности записывающих, передающих и воспроизводящих систем. Многие специалисты высказывают мнение, что дальнейший прогресс в улучшении «прозрачности» и создании «ощущения присутствия» в системах звукозаписи может быть достигнут за счёт увеличения частоты дискретизации и расширения диапазона частот звука за пределы 20 кГц. Однако этого недостаточно, только улучшение разрешающей способности цифровых систем во временной, спектральной, пространственной и динамической областях может помочь в разрешении этой проблемы. Высокая разрешающая способность во временной области является наиболее важной для обеспечения прозрачности звучания. В современных цифровых устройствах используются следующие значения частот дискретизации: 44.1; 48; 96; 192; 384 кГц, при этом временные интервалы между сэмплами составляют 22.7; 20.8; 10.4; 5.2; 2.6 мкс (использование более низких частот дискретизации для систем высокой верности считается неприемлемым).

Акустические музыкальные сигналы обладают сверхбыстрой нестационарной временной и динамической структурой и очень быстрым нарастанием уровней, до 120-130 дБ за 7-10 мкс. Это означает, что интервал сэмпли-

рования 22.7 мкс, используемый в системе CD-Audio явно недостаточен. Кроме того, в спектре ряда музыкальных инструментов присутствует большое количество ультразвуковых составляющих (в спектре трубы – до 40 кГц, скрипки – до 100 кГц), что влияет на временную структуру сигнала и может косвенно повлиять на прослушивание. Запись реального реверберационного процесса без потери информации также представляет большие трудности, так для помещения в 1000 кв.м число отражений через 1 с после начала реверберации составляет более 500 отр/с, что означает, что отражённые лучи будут прибывать с интервалом менее 2 мкс и вызывать соответствующие флуктуации в выходном сигнале. При временном интервале сэмплов 22.7 мкс зарегистрировать их невозможно. Ряд экспериментов показал, что в отражённых сигналах происходят быстрые амплитудные и фазовые сдвиги и быстрые нерегулярные изменения частоты (частотный джиттер). Джиттер и модуляционные искажения имеют место во всех звеньях звукозаписи, их наличие может восприниматься на слух как появление некоторой шумовой окраски чистого тона. Такая окраска появляется при записи на аналоговые магнитофоны из-за детонации и продольных колебаний ленты (флаттера), что приводит к появлению боковых полос в высокочастотной части спектра. Звуковой сигнал обогащается некогерентным шумом и создаёт так называемое «аналоговое звучание» (ценится профессионалами и любителями высококачественного звука). Флаттер-шум приводит к временным ошибкам порядка 10 мкс, поэтому при переносе на компакт-диск эти флуктуации теряются. Таким образом, повышение разрешающей способности цифровых систем реально приводит к повышению качества звуковоспроиз-

ведения, а выбор микросхем ЦАП желательно проводить по параметрам различных категорий – временной, динамической, частотной, спектральной, наиболее важная из которых – временная.

Однозначно осуществить выбор микросхем ЦАП только по техническим характеристикам не представляется возможным, поскольку параметры большого числа типов микросхем могут отличаться незначительно. Нужны и другие критерии выбора, одним из которых может стать престиж производителей самих ЦАП и аппаратуры, в которой они применяются. ЦАП могут выпускаться как виде автономных микросхем, так и находиться в составе различных БИС. По функциональному назначению можно выделить двухканальные (редко одноканальные), многоканальные и интерфейсные (USB, AES/EBU, S/PDIF и др.) ЦАП. Для прояснения вопроса применимости автономных двухканальных ЦАП автором была проанализирована сервисная документация нескольких сотен моделей аппаратуры, в которой они используются (CD/DVD проигрыватели/рекордеры/ресиверы, музыкальные центры, системы домашнего кинотеатра, комбинированные устройства и др). Также была принята во внимания база данных объединенного сайта Philips/Marantz по применимости микросхем ЦАП в CD проигрывателях и автономных (внешних) цифро-аналоговых преобразователях, насчитывающая на 2011 год более 2500 моделей [7].

В результате анализа выяснилось, что в аппаратуре, вошедшей в обзор, чаще всего используются ЦАП нескольких определённых производителей полупроводниковых приборов: Analog Devices (AD), Asahi Kasei Microsystems (AKM), Burr-Brown (BB, после 2000 г TI/BB), Cirrus Logic (CIRR), Nippon

Precision Circuits (NPC), Philips Semiconductors/NXP, Wolfson (WLF), а также микросхемы полупроводниковых отделений фирм Sony, Toshiba, Matsushita, Pioneer, Sanyo, Yamaha, реже некоторых других. Примечательно, что производители аппаратуры далеко не всегда используют ЦАП собственного производства (если оно имеется), а применяют микросхемы вышеперечисленных полупроводниковых фирм. Производители аппаратуры, не имеющие собственного полупроводникового производства, используют в основном микросхемы шести вышеперечисленных фирм, поэтому напрашивается вывод, что для разработки и модернизации аппаратуры целесообразно использовать микросхемы именно этих производителей. В аппаратах класса HI-FI большинство производителей применяют микросхемы ЦАП фирм Analog Devices и TI/Burr-Brown, реже NPC, NXP, и Cirrus Logic, следует отметить, что ЦАП TI/Burr-Brown широко применяются и в аппаратуре бюджетного класса. Рассмотрим особенности некоторых микросхем этой фирмы.

Фирма Burr-Brown (Тусон, Аризона, США) основана в 1956 г. Пейджем Бером (Page Burr) и Томасом Р. Брауном (Thomas Rush Brown, 1926-2002 гг.). Томас Браун руководил фирмой на протяжении 44 лет, в 2000 г. фирма была приобретена концерном Texas Instruments (за 7.6 млрд. долл.), с тех пор продукция Burr-Brown позиционируется под логотипом TI/Burr-Brown, сайт www.burr-brown.com функционирует и в настоящее время, выводит на раздел High Performance Analog Products (аналоговые приборы с высокими характеристиками).

Особенности и параметры мультибитовых ЦАП Burr-Brown PCM54, 55, 56, 58, 61 приведены в статье автора [8], а одного из лучших, по мнению многих специалистов, параллель-

ного ЦАП PCM63 – в [9]. Рассмотрим особенности и параметры прецизионных параллельных ЦАП PCM1702/1704, имеющих в каталоге TI 2009 г.

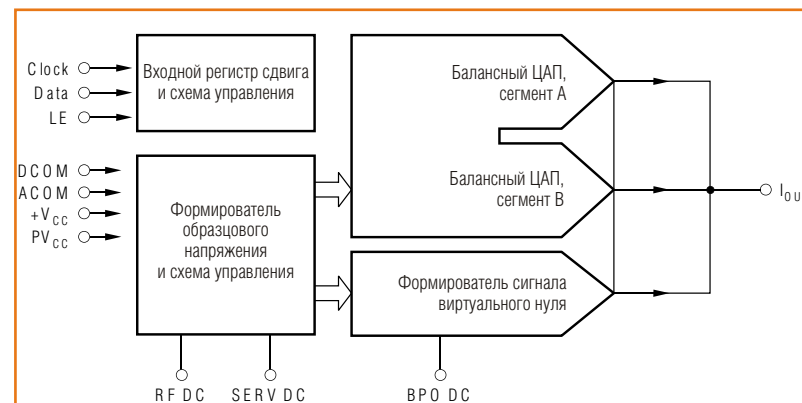


Рис. 5. Структура микросхемы PCM1702

Микросхемы PCM1702P/P-J/P-K (корпус DIP-16), PCM1702U/U-J/U-K (SOP-16) являются одноканальными усовершенствованными 20-ти разрядными «кодозависимыми» ЦАП, выполненными по технологии BiCMOS (BiCMOS Advanced Sign Magnitude 20-Bit DAC). В отличие от большинства параллельных ЦАП формирование выходного сигнала в «кодозависимых» (Sign Magnitude) преобразователях выходной сигнал формируют 2 независимых ЦАП, работающих на общую нагрузку. Первый преобразователь обрабатывает область двоичного дополнительного кода (BTC), соответствующую положительным уровням сигнала, второй – отрицательным. Такое решение обеспечивает точное преобразование сигналов вблизи критического для ЦАП уровня (нулевого уровня сигнала). Подробности данного метода преобразования приведены в патенте США US Patent 5257027 (изобретатель Toshio Murota, правообладатель Burr-Brown) [10]. Структура микросхем приведена на рис. 5, в её состав входят: входной сдвиговый регистр и схема управления (Input Shift Register and Control Logic); сегмен-

ты А и В балансного ЦАП (Balanced Current Segment DAC A/B); формирователь образцового напряжения и схема управления (Reference and Servo); формирователь сигнала виртуального нуля (Bipolar Offset).

Типовое включение микросхемы приведено на рис. 6 (в кружках номера выводов PCM1702U, в квадратах – PCM1702P).

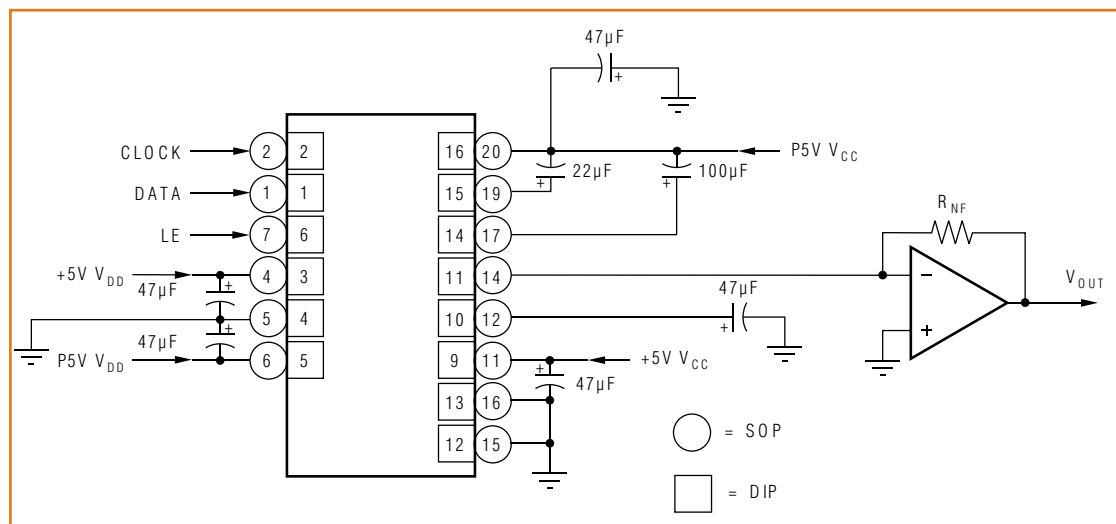


Рис. 6. Типовое включение микросхемы PCM1702

Особенности микросхем (из листов данных 1995 г).

- сверхнизкий, –96 дБ КНИ+шум (без внешних элементов подстройки)
- близкая к идеальной работа при низких уровнях выходного сигнала
- отсутствие выбросов (Glitch-Free Output)
- типовое отношение сигнал/шум 120 дБ (с взвешивающим фильтром типа А)
- стандартный промышленный интерфейс управления (Right justified)
- высокая скорость изменения выходного тока 200 нс/±1.2 мА
- возможность работы с 24-х разрядными сигналами с 16-ти кратной передискретизацией

- встроенные источники образцовых напряжений
- малая потребляемая мощность (150 мВт)
- микросхемы предназначены для применения в бытовой аппаратуре класса HI-END и профессиональных приложениях.

Основные параметры микросхем (типичные значения).

- напряжения питания $V_{CC}/V_{DD} - \pm 5 \text{ В}$,
- ток потребления $+I_{CC}/I_{SS} 5/25 \text{ мА}$,
- уровни сигналов управления (ТТЛ/КМОП) – лог. «0» не более 0.8 В, лог. «1» не менее 2.4 В
- формат звуковых данных последовательный, первый разряд – старший, двоичный дополнительный код, (Serial, MSB first, BTC)
- тактовая частота (Master Clock) не более 20 МГц (типичная 16.9 МГц)
- КНИ + шум (THD + N):
 - при уровне выходного сигнала 0 дБ, $f_s = 8 \times 352.8 \text{ кГц}$ для частоты 1002 Гц,
 - ♦ исполнения P/U: –92 дБ,
 - ♦ исполнения P/U-J: –96 дБ,
 - ♦ исполнения P/U-K: –100 дБ;
 - при уровне выходного сигнала –20 дБ –82/–83/–84 дБ соответственно;
 - при уровне выходного сигнала –60 дБ –46/–48/–50 дБ
- линейность уровня выходного сигнала (Level Linearity) при уровне –90 дБ – ±0.5 дБ
- ошибка установки уровня выходного сигнала (Gain Error) – ±0.5%

- ошибка установки нулевого уровня сигнала (Bipolar Zero Error) – $\pm 0.25\%$
- время готовности (Warm-up Time) – 1 мин
- размах выходного сигнала – ± 1.2 мА

По мнению некоторых специалистов, определённое влияние на качество звучания аппаратов на основе параллельных ЦАП оказывает параметр, называемый монотонностью переходной характеристики ЦАП (Моно-

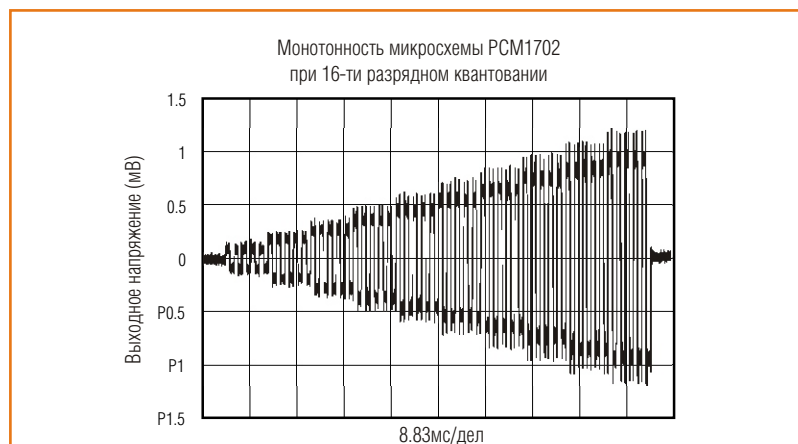


Рис. 7. Зависимость уровня выходного сигнала микросхемы PCM1702 от входного кода

tonicity). Для измерения монотонности на вход ЦАП подают код линейно нарастающего сигнала фиксированной частоты, отклонения выходного сигнала от наклонной прямой приводят к увеличению уровня гармоник основного сигнала. На рис. 7 приведена зависимость уровня выходного сигнала ЦАП от входного кода ВТС первых десяти отсчётов при 16-ти разрядном квантовании. Однако корректно измерить немонотонность, можно только используя весь диапазон выходных уровней ЦАП, поэтому на практике пользуются спектральным методом измерения уровня гармоник сигнала [11]. На рис. 8 показан спектр выходного сигнала ЦАП при уровне основного тона 90дБ (полоса пропускания анализатора спектра 100 Гц).

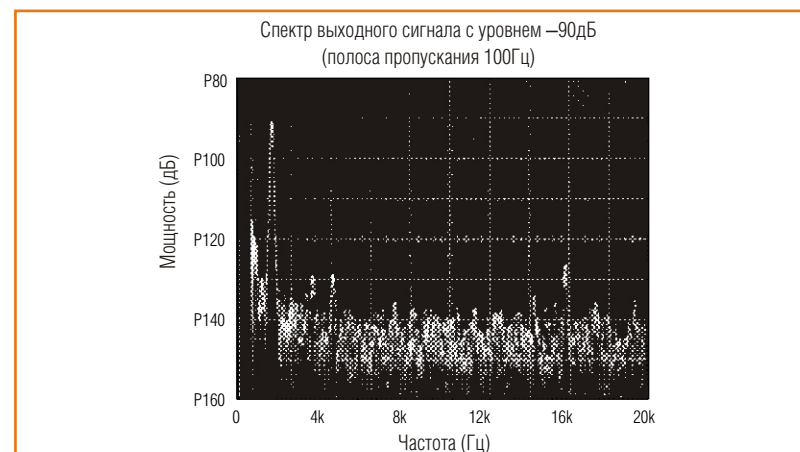


Рис. 8. Спектр выходного сигнала микросхемы PCM1702

Микросхемы PCM1704U (корпус SOIC-20) являются 24-х разрядными «кодозависимыми» ЦАП, выполненными по технологии BiCMOS. Типовое включение микросхемы приведено на рис.9. В сравнении с PCM1702, в микросхеме имеются дополнительные выводы с отличающимися обозначениями. Особенности микросхем (из листов данных 1999г).

- Частоты дискретизации 16-96 кГц.
- 8-ми кратная передискретизации на частоте 96 кГц.
- Входные данные 20, 24 разряда.
- Высокие характеристики: динамический диапазон 112 дБ (исполнение K), отношение сигнал/шум 120 дБ, THD+N 0.0008% (исполнение K).

Приведём параметры микросхем, отличающиеся от соответствующих параметров PCM1702.

- тактовая частота (Master Clock) не более 25 МГц
- THD+N:
 - при уровне выходного сигнала 0 дБ – 0.0025% (соответствует –92 дБ), исполнения U-J – 0.0015%, U-K – 0.0008%;



Рис. 11. Спектр выходного сигнала микросхемы PCM1704

одними из немногих мультибитовых ЦАП, выпуск которых в 2009 году не прекращён (EOL не определён, в каталоге TI микросхемы отнесены к категории Active). Так как микросхемы одноканальные, в их состав не входят цифровые фильтры и выходные аналоговые усилители для преобразования ток/напряжение, на их основе возможно построение преобразователей высокого класса для ответственных применений. Перечисленные элементы, размещён-

ные на плате отдельно от ЦАП, по мнению многих специалистов, позволяют добиться более высоких показателей качества преобразователей.

Для примера на рис. 12 приведена схема одного канала преобразователя сигналов цифрового последовательного интерфейса в высококачественные стерео сигналы, рекомендованная Burr-Brown, в качестве ОУ, IC1, IC2, на которых выполнены постфильтры (трёх полюсный фильтр Баттерворта, -3 дБ на 40 кГц), применены сдвоенные ОУ OPA2604 (Burr-Brown). Микросхема YM3623 фирмы Yamaha LSI представляет собой приёмник цифрового интерфейса DIR (Digital Audio Interface Receiver) формата EIAJ CP1201 (IEC60958, S/PDIF). DF1700 – сдвоенный цифровой интерполирующий фильтр, обеспечивает работу с 16, 18 и 20 разрядными сигналами.

Большая часть двухканальных ЦАП TI/Burr-Brown выполнена на основе сигма-дельта модуляции, особенности их применения требуют отдельного рассмотрения. Классификационные

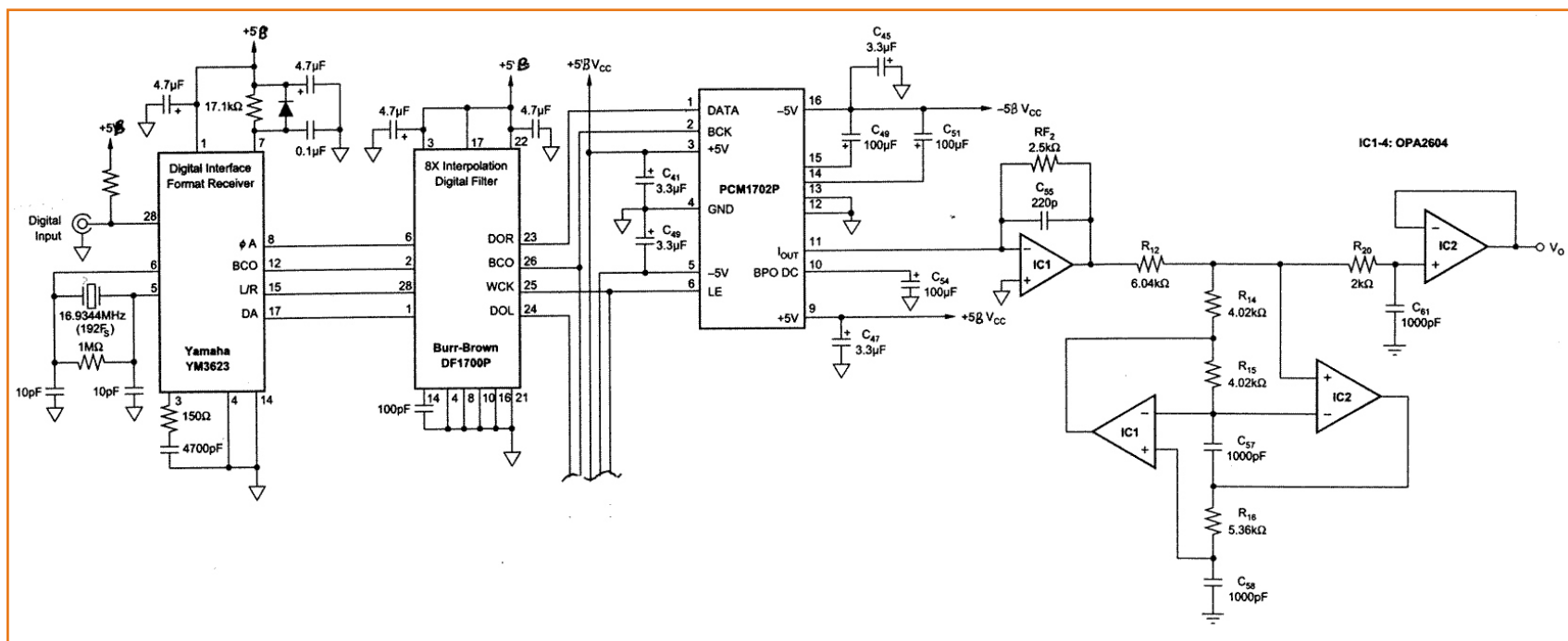


Рис. 12. Схема преобразователя сигналов цифрового последовательного интерфейса

параметры ряда двухканальных микросхем ЦАП серии PCM из каталога TI приведены в таблице 1 [12]. Для ответственных применений можно использовать сигма-дельта ЦАП с частотой дискретизации 96 кГц и 192 кГц и отношением сигнал/шум более 110 дБ, к таким микросхемам относятся:

- PCM1789 многоуровневый дельта-сигма ЦАП (2009),
 - PCM1791A структура Advanced Segment (2006),
 - PCM1792A Advanced Segment (2006),
 - PCM1793 Advanced Segment (2004),
 - PCM1794A Advanced Segment (2006),
 - PCM1795 Advanced Segment (2009),
 - PCM1796 Advanced Segment (2006),
 - PCM1798 Advanced Segment (2006),
- в скобках указан год выпуска последней редакции листов данных.

Особо стоит отметить первый 32-х разрядный ЦАП PCM1795 (корпус SSOP-28) фирмы, выпущенный в 2009 году (цена в партии 1000 шт. 3.95 долл.). Приведём некоторые параметры микросхемы (листы данных май 2009 г.).

- THD+N:
 - при уровне выходного сигнала 0 дБ
 - ♦ fs = 48 кГц — 0.0005%
 - ♦ fs = 96 кГц — 0.001%
 - ♦ fs = 96 кГц — 0.015%
 - в режиме DSD (Direct Stream Digital) — 0.0007%
- динамический диапазон
 - в режиме DSD — 122 дБ
- линейность уровня выходного сигнала — ±1%
- ошибка установки уровня выходного сигнала — ±2%
- ошибка установки нулевого уровня — ±0.5%
- выходной ток — 4 мА при размахе на всю шкалу
- напряжения питания:
 - цифровые узлы — 3.3 В
 - аналоговые узлы — 5 В

Микросхема поддерживает различные форматы звуковых данных: стандартный (Right-justified), Left-justified, I²S, DSD. Интерфейсы сигналов управления SPI, I²C, TDMCA (Time-division-multiplexed Command and Audio).

Использованные термины и сокращения

- AES (Audio Engineering Society)** – общество инженеров-акустиков, председатель СПб-б секции AES И. А. Алдошина.
- Advanced Segment** – технология, заключающаяся в раздельной обработке разрядов разного уровня, для 24-х разрядных ЦАП 6 разрядов обрабатываются блоком ICOB (Inverted Complementary Offset Binary), 18 разрядов низкого уровня 5-ти уровневый сигма-дельта модулятором. После суммирования обоих цифровых потоков образуется 66-ти уровневый цифровой код, который затем обрабатывается по средневзвешенному значению DWA (Data-weighted Averaging) и преобразуется в дифференциальный аналоговый сигнал.
- BTC (Binary Two's Complement)** – двоичный дополнительный код, используется для кодирования разнополярных значений входного сигнала. Положительные значения всегда кодируются логическим нулём в старшем разряде, отрицательные логической единицей.
- Noise Shaping** – формирование шума, метод используется в системах с многократной передискретизацией, при которой квантование сопровождается шумом высокого уровня. Для уменьшения этого шума сигнал пропускают через рекурсивный фильтр, в результате чего уровень шума понижается для частот, меньших FB (частоты Найквиста), т.е. в слышимом диапазоне частот.

Таблица 1. Классификационные данные микросхем двухканальных ЦАП фирмы TI/Burr-Brown

Тип микросхемы	С/ш (дБ)	Дискр. (кГц)	Число разрядов	Входные форматы	Управление
PCM1723	94	96	24	I2S, R	SPI
PCM1727	92	96	24	I2S, R	SPI
PCM1740	94	96	24	I2S, R	I2C
PCM1741	98	96	24	I2S, L, R	SPI
PCM1742	105	192	24	I2S, L, R	SPI
PCM1744	95	96	24	I2S, L, R	H/W
PCM1748	100	96	24	I2S, L, R	SPI
PCM1753	106	192	24	I2S, L, R	SPI
PCM1754	106	192	24	I2S, L, R	H/W
PCM1755	106	192	24	I2S, L, R	SPI
PCM1770	98	48	24	I2S, L, R	SPI
PCM1771	98	48	24	I2S, L, R	H/W
PCM1772	98	48	24	I2S, L, R	SPI
PCM1773	98	48	24	I2S, L	H/W
PCM1774	93	50	16	DSP, I2S, L, R	I2C, SPI
PCM1780	106	192	24	I2S, L, R	SPI
PCM1781	106	192	24	I2S, R	H/W
PCM1782	106	192	24	I2S, L, R	SPI
PCM1789	113	192	24	DSP, I2S, L, R	H/W, I2C, SPI
PCM1791A	113	192	24	DSD, I2S, L, R, TDMCA	I2C, SPI
PCM1792A	127	192	24	DSD, I2S, L, R, TDMCA	I2C, SPI
PCM1793	113	192	24	I2S, L, R	H/W
PCM1794A	127	192	24	I2S, L, R	H/W
PCM1795	123	200	32	DSD, I2S, L, R, TDMCA	I2C, SPI, TDMCA
PCM1796	123	192	24	DSD, I2S, L, R, TDMCA	I2C, SPI
PCM1798	123	192	24	I2S, L, R	H/W

Литература

1. Золотухин И., Изюмов А., Райзман М, «Цифровые звуковые магнитофоны», Томск, «Радио и связь», 1990.
2. Тихонов А., «Компакт-диск в России, самое начало», Звукорежиссёр, 2005, №3.
3. <http://www.dutchaudioclassics.nl/>.
4. Сергеев М., «Аналоговые сумматоры: арифметика большого звука», Звукорежиссёр, 2009, №6.
5. <http://www.dutchaudioclassics.nl/#sitemaphilips>.
6. Алдошина И., «Физически и психоакустический анализ цифрового звука с высоким разрешением», Звукорежиссёр, 2004, №4.
7. http://www.dutchaudioclassics.nl/the_complete_d_a_dac_converter_list/.
8. Петропавловский Ю., «ЦАП РСМ54...56, 58, 61 фирмы Ti/Burr-Brown для звуковой аппаратуры классов HI-FI, HI-END», Ремонт электронной техники, 2007, №4.
9. Петропавловский Ю., «ЦАП РСМ63 и цифровой интерполирующий фильтр DF1700 фирмы Ti/Burr-Brown в высококачественной звуковой аппаратуре», Ремонт электронной техники, 2007, №6.
10. Патент США 5257027 <http://www.patentstorm.us/patents/5257027/claims.html>.
11. Андронников Д, «ЦАП Lynx 24», <http://www.lynxaudio.narod.ru/articles/lynx24/lynx24.pdf>.
12. <http://www.ti.com/ww/analog/analog-devices/index.html>.



В издательстве НИТ вышла новая книга

С. А. Никулин, А. В. Повный

Энциклопедия начинающего радиолюбителя

Книга создана специально для начинающих радиолюбителей, или, как еще у нас любят говорить, — «чайников». Она рассказывает об азах электроники и электротехники, необходимых радиолюбителю. Теоретические вопросы рассказываются в очень доступной форме и в объеме, необходимом для практической работы. Книга учит правильно паять, проводить измерения, анализ схем. Но, скорее, это книга о занимательной электронике.

Основа книги — радиолюбительские самоделки, доступные начинающему радиолюбителю и полезные в быту.

Почему так важен правильный выбор конденсаторов для LDO стабилизатора

Glenn Morita

Полагая, что добавлением нескольких конденсаторов они решат все проблемы, связанные с шумами в схеме, разработчики зачастую не задумываются о том, что кроме емкости и допустимого напряжения, у конденсаторов есть еще множество характеристик. Как и любые другие электронные компоненты, конденсаторы несовершенны. Они обладают такими паразитными параметрами, как эквивалентное последовательное сопротивление (Effective Series Resistance – ESR) и эквивалентная последовательная индуктивность (Effective Series Inductance – ESL), их емкость зависит от температуры и напряже-

ния, они чувствительны к механическим воздействиям.

Разработчики линейных стабилизаторов напряжения должны относиться к выбору входных и выходных конденсаторов с точно такой же ответственностью, как и разработчики фильтров, времязадающих цепей или других устройств, параметры которых определяются емкостью конденсатора. Следствием неправильного выбора конденсаторов может быть неустойчивость схемы, повышенный уровень шумов, чрезмерное потребление тока, сокращение срока службы и непредсказуемое поведение устройства.

Технологические разновидности конденсаторов

Конденсаторы имеют самые разные размеры, форму, допустимые значения напряжения и другие параметры, позволяющие подобрать подходящий конденсатор для любого приложения. В качестве материала диэлектрика обычно используют масло, бумагу, стекло, воздух, слюду, полимерные пленки и окислы металлов. Каждый диэлектрик обладает специфическими свойствами, которые определяют область его применения.

В стабилизаторах напряжения в качестве входных и выходных, чаще всего, используются многослойные керамические, танталовые с твердым электролитом и алюминиевые конденсаторы. В Приложении к статье приведена таблица сравнения характеристик конденсаторов различных типов.

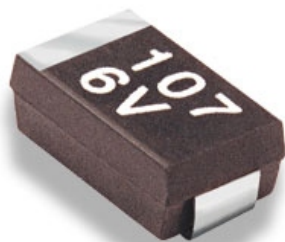
Многослойные керамические конденсаторы



Многослойные керамические конденсаторы сочетают в себе малые габариты и низкие значения ESR и ESL. Но, к сожалению, они не лишены и серьезных недостатков. В зависимости от материала диэлектрика, влияние на величину емкости температуры, постоянного напряжения смещения и амплитуды переменного напряжения может быть очень значительным. Кроме того, пьезоэлектрический характер диэлектрика является причиной трансформации механических вибраций и ударов в электрический шум. Чаще всего, этот шум имеет порядок единиц микровольт, но в отдельных случаях, генерируемые механическими нагрузками шумы могут достигать единиц милливольт.

Управляемые напряжением генераторы (Voltage-controlled oscillators – VCOs), схемы ФАПЧ (phase-locked loops – PLLs), усилители мощности радиочастотного диапазона (RF power amplifiers – PAs) чувствительны к шумам на шинах их питания. В схемах VCO и PLL эти шумы проявляют себя в форме дрожания фазы, в PA – в форме амплитудной модуляции, в ультразвуковых сканерах и компьютерных томографах приводят к искажению изображений. Шумы опасны для любых аналоговых схем, работающих со слабыми сигналами. Несмотря на все перечисленные недостатки, керамические конденсаторы используются практически в каждом электронном устройстве из-за их небольших размеров и цены. Однако, проектируя стабилизаторы напряжения для чувствительных к шумам приложений, необходимо внимательно оценить и все побочные эффекты.

Танталовые конденсаторы с твердым электролитом



По сравнению с многослойными керамическими конденсаторами, параметры танталовых конденсаторов с твердым электролитом в меньшей степени зависят от температуры, напряжения смещения и вибраций. В танталовых конденсаторах последнего поколения вместо двуокиси марганца используется проводящий полимерный электролит, благодаря которому повысилась стойкость к брос-

кам тока и отпала необходимость в токограничительном резисторе. Кроме того, уменьшилось ESR. Емкость танталовых конденсаторов с твердым электролитом слабо зависит от температуры и напряжения смещения, поэтому основными критериями выбора конденсаторов остаются допустимое напряжение, рабочая температура и величина ESR.

Имеющие низкое ESR танталовые конденсаторы с твердым электролитом дороже и несколько крупнее керамических, но для приложений, где шумы вызванные пьезоэффектом недопустимы, они могут оказаться еди-

нственным выбором. Токи утечки танталовых конденсаторов намного больше, чем у керамических такой же емкости, что делает их непригодными для использования в некоторых слаботочных схемах.

Недостатком технологии твердых полимерных электролитов является большая чувствительность к повышенной температуре

пайки, характерной для бессвинцовых процессов. Изготовители, как правило, запрещают подвергать конденсаторы с твердыми полимерными электролитами более чем трем циклам монтажа. Игнорирование этого требования может привести к проблемам долговременной надежности.

Алюминиевые электролитические конденсаторы



Обычные алюминиевые электролитические конденсаторы имеют большие габариты, худшие значения ESR и ESL, относительно высокий ток утечки и ограниченный срок службы, измеряемый тысячами часов. В алюминиевых конденсаторах с сухим электролитом (OS-CON) используется электролит на основе органических полупроводников и катод из алюминиевой фольги, что позволяет получить лучшие значения ESR. Несмотря на то, что технологически OS-CON конденсаторы близки к танталовым конденсаторам с твердым электролитом, появились они лет на 10 раньше танта-

ловых. Из-за отсутствия подверженного высыханию жидкого электролита, OS-CON конденсаторы превосходят обычные алюминиевые по сроку службы. Большинство из них рассчитаны на предельную температуру 105 °C, но в последнее время стали появляться OS-CON конденсаторы, специфицированные для температуры 125 °C.

Хотя характеристики OS-CON конденсаторов и лучше, чем обычных алюминиевых, они крупнее и имеют худшее ESR, чем керамические и танталовые конденсаторы. Так же, как танталовые, они не имеют пьезоэффекта и могут использоваться в приложениях, требующих низких уровней шумов.

Выбор выходных конденсаторов для схем на LDO стабилизаторах

LDO стабилизаторы фирмы Analog Devices могут работать с небольшими керамическими конденсаторами, при условии, что последние имеют низкое значение ESR. ESR выходного конденсатора влияет на устойчивость петли обратной связи стабилизатора.

Рекомендуется использовать конденсаторы с емкостью не менее 1 мкФ и ESR не более 1 Ом.

От выходного конденсатора зависит, также, реакция стабилизатора на изменения тока нагрузки. Петля обратной связи имеет

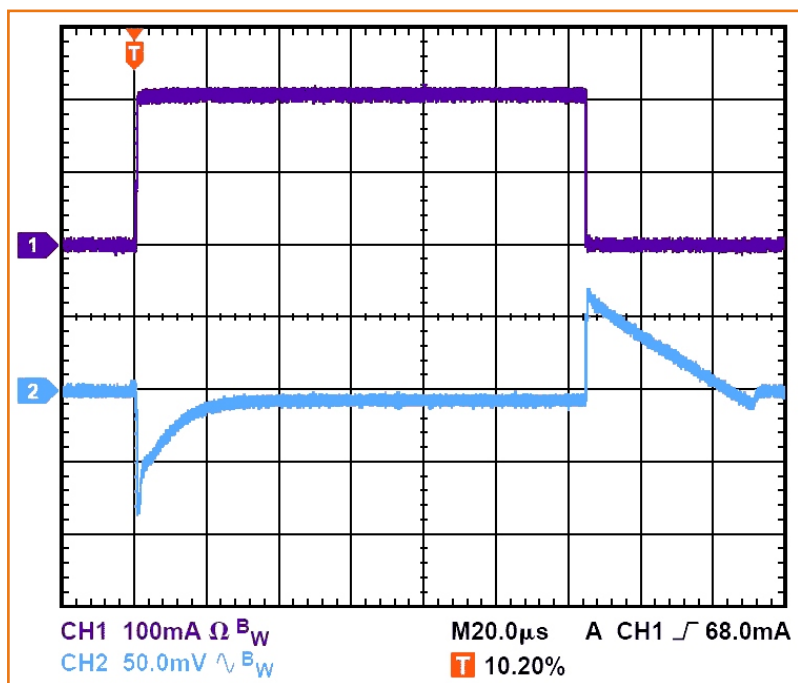


Рис. 1. Переходный процесс при $C_{out} = 1$ мкФ.

ограниченную полосу пропускания для большого сигнала, поэтому во время переходного процесса функцию поставщика в нагрузку большей части тока должен принимать на себя конденсатор. Как показано на Рис. 1, при скачке тока нагрузки от 1 до 200 мА со скоростью 500 мА/мкс, конденсатор емкостью 1 мкФ не в состоянии отдать достаточный ток, что приводит к «провалу» напряжения, приблизительно на 80 мВ. Увеличение емкости до 10 мкФ уменьшает бросок напряжения до 70 мВ (Рис. 2). Конденсатор емкостью 20 мкФ позволяет стабилизатору активно отслеживать скачок тока (Рис. 3) и уменьшить влияние переходного процесса. В примере использовался стабилизатор типа ADP151 с входным напряжением 5 В и выходным 3.3 В.

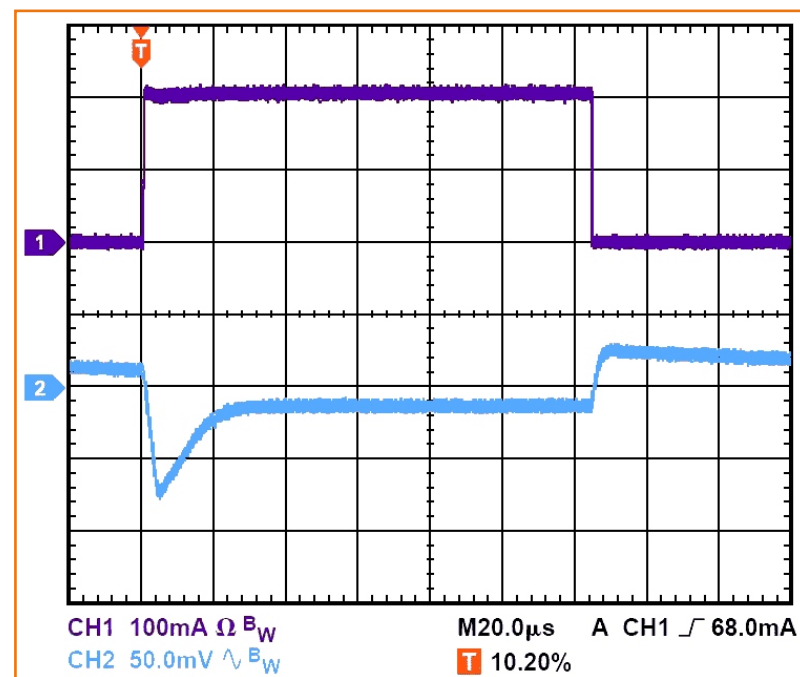


Рис. 2. Переходный процесс при $C_{out} = 10$ мкФ.

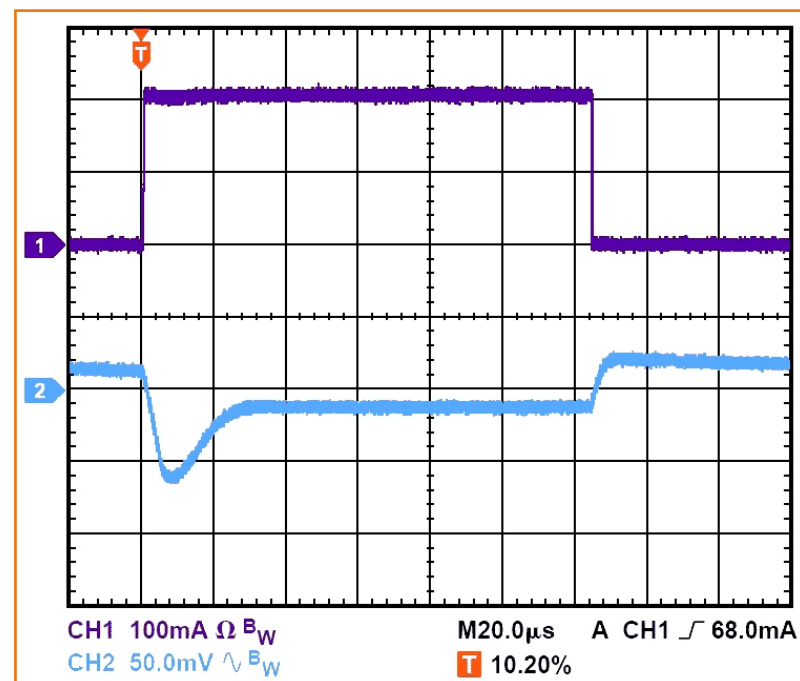


Рис. 3. Переходный процесс при $C_{out} = 20$ мкФ.

Входной блокировочный конденсатор

Включение конденсатора емкостью 1 мкФ между входом стабилизатора и «землей» уменьшает влияние на схему топологии печатной платы, особенно при большой длине подводящих проводников или при высоком выходном сопротивлении источника питания.

Емкости выходных и входных конденсаторов следует изменять согласованно: если на выходе требуется конденсатор более 1 мкФ, емкость входного конденсатора также должна быть увеличена.

Требования, предъявляемые к свойствам входных и выходных конденсаторов

Требования к входным и выходным конденсаторам должны учитывать диапазон рабочих температур и рабочие напряжения стабилизатора. Керамические конденсаторы производятся с диэлектриками самых разных типов, и каждый характеризуется определенным поведением при изменении температуры и напряжения. Для 5-вольтовых приложений рекомендуется использовать керамические

конденсаторы с диэлектриками X5R или X7R на напряжения от 6.3 до 10 В. Диэлектрики Y5V и Z5U характеризуются очень сильной зависимостью от температуры и напряжения, и использоваться в LDO стабилизаторах не могут.

На Рис. 4 показана зависимость емкости от величины приложенного постоянного напряжения для конденсаторов 1 мкФ / 10 В / X5R типоразмера 0402. Рабочее напряжение и размер конденсатора сильнее всего влияют на зависимость его емкости от напряжения. В общем случае можно сказать, что чем больше типоразмер и допустимое напряжение конденсатора, тем меньше влияние на него напряжения смещения. Изменение емкости конденсатора с диэлектриком X5R в диапазоне температур $-40 \dots +85^\circ\text{C}$ составляет $\pm 15\%$ и не зависит ни от габаритов, ни от допустимого напряжения.

Вычислить наихудшее изменение емкости конденсатора, в зависимости от температуры, допуска номинала и напряжения, можно с помощью следующего уравнения:

$$C_{EFF} = C_{BIAS} (1 - TVAR) (1 - TOL)$$

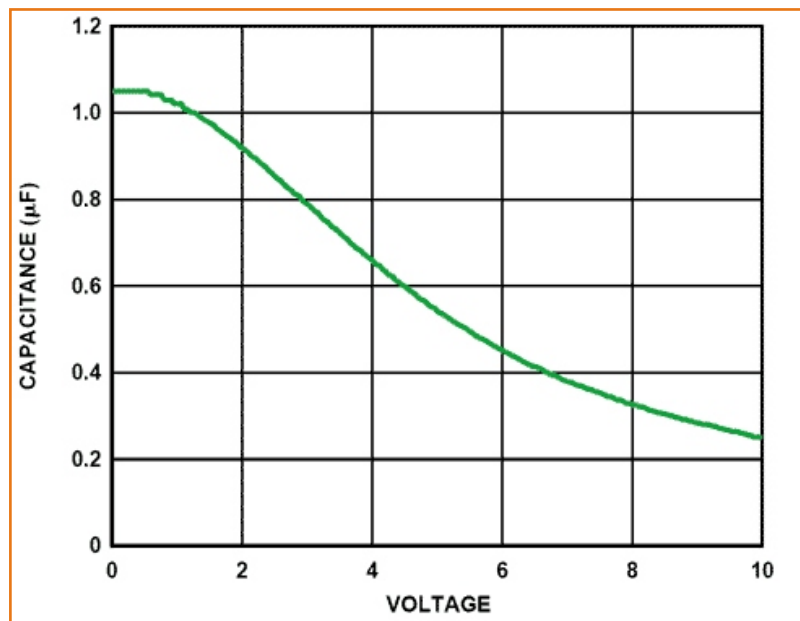


Рис. 4. Зависимость емкости от напряжения смещения.

где

C_{BIAS} – номинальная емкость при рабочем напряжении;

$TVAR$ – наихудшее изменение емкости от температуры (в долях от 1);

TOL – наибольшее отклонение номинала (в долях от 1).

В этом примере

$TVAR = 15\%$ в диапазоне $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$ для диэлектрика X5R;

$TOL = 10\%$;

$C_{BIAS} = 0.94$ мкФ при напряжении 1.8 В, как показано на Рис. 4.

Используя эти значения, можно вычислить:

$$\begin{aligned} C_{EFF} &= \\ &= 0.94 \text{ мкФ} \cdot (1 - 0.15) \cdot (1 - 0.1) = \\ &= 0.719 \text{ мкФ} \end{aligned}$$

В справочных данных на ADP151 минимальная входная емкость в диапазоне рабочих температур и при рабочем напряжении указана равной 0.70 мкФ, так что конденсатор удовлетворяет этим требованиям.

Заключение

Для того, чтобы гарантировать сохранение характеристик LDO при влиянии напряжения смещения, изменении температуры и разбросе номинальных значений емкости, надо выбирать конденсаторы, ясно представляя себе их свойства и особенности. Учитывать технологические особенности

конденсаторов необходимо и в тех случаях, когда предъявляются требования к уровню шумов, дрейфу или целостности сигналов. Все конденсаторы в чем-то несовершенны, и выбирать их следует в строгом соответствии с областью применения.

Приложение

Сверху по часовой стрелке:

Алюминиевый конденсатор с твердым полимерным электролитом 100 мкФ/6.3 В

Танталовые конденсаторы с твердым электролитом 1 мкФ/35 В и 10 мкФ/25 В

Многослойные керамические конденсаторы 1 мкФ/25 В, 4.7 мкФ/16 В, 10 мкФ/25 В

Алюминиевые электролитические конденсаторы 10 мкФ/16 В и 22 мкФ/25 В

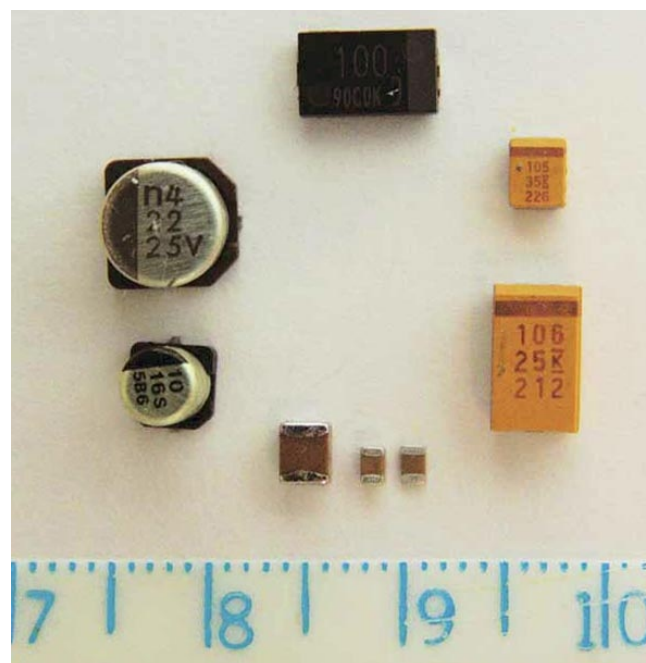


Рис. А. Конденсаторы, чаще всего используемые для LDO стабилизаторов

Сравнение важнейших характеристик конденсаторов различных технологических видов

Технология	ESR	ESL	Стабильность по напряжению	Температурная стабильность	Чувствительность к вибрации	Отношение емкость/объем
Алюминиевые электролитические	Наибольшее	Наибольшая	Худшая	Худшая	Низкая	Низкое
Танталовые с твердым электролитом	Среднее	Средняя	Наилучшая	Хорошая	Низкая	Высокое
Алюминиевые с твердым электролитом	Низкое	Низкая	Наилучшая	Хорошая	Низкая	Высокое
Многослойные керамические	Самое низкое	Самая низкая	Плохая	Хорошая	Высокая	Среднее

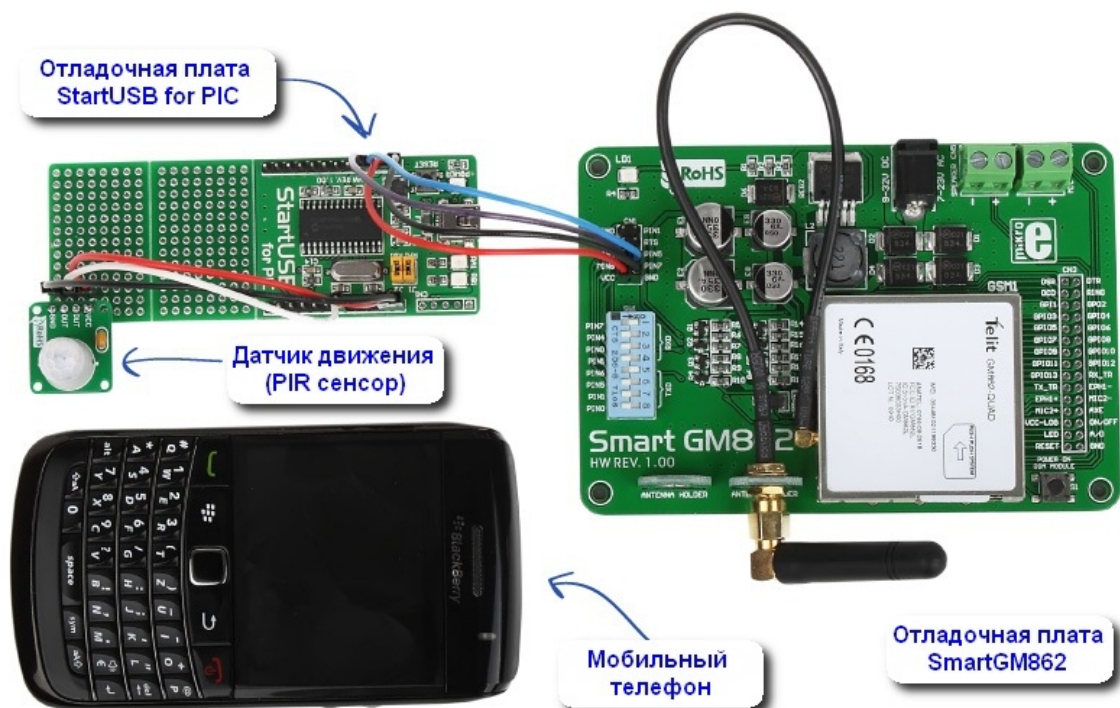
Охранная система для дома с SMS-оповещением

Компания mikroElektronika открыла на своем официальном сайте раздел проектов на базе отладочных плат и модулей собственного производства. Первым стал проект охранной системы для дома с SMS-оповещением, однако функциональность и область применения системы могут быть расширены пользователями самостоятельно, т.к. имеются исходные коды программы микроконтроллера.

Система выполнена на базе отладочной платы StartUSB для PIC микроконтроллеров и отладочной платы SmartGM862. Кроме того, потребуется GSM/GPRS модуль Telit GM862, SIM-карта, датчик движения AMN11112 (PIR сенсор) и несколько соединительных проводов. Все комплектующие для сборки доступны для заказа на сайте компании.

Отладочная плата StartUSB for PIC выполнена на базе микроконтроллера PIC18F2550 с поддержкой интерфейса USB 2.0. Кроме того, плата имеет контактные площадки с сигналами линий ввода/вывода микроконтроллера, а также область для макети-

рования и подключения дополнительных устройств. На базе данной платы могут быть разработаны USB устройства сбора данных, коммуникационные устройства и USB mp3 плееры.



Отличительной особенностью платы StartUSB for PIC является то, что установленный на плату микроконтроллер имеет предустановленный USB загрузчик, что исключает необходимость в использовании дополнительного программатора. Кроме того, компания предоставляет бесплатную программу USB загрузчика для персонального компьюте-

ра, с помощью которой пользователь сможет без труда запрограммировать микроконтроллер. USB загрузчик для микроконтроллера (firmware) также предоставляется.

Для внутрисхемного программирования и отладки ПО микроконтроллера, например при самостоятельной сборке платы, пользователи могут использовать программатор PICFlash2 после установки соответствующего коннектора на отладочную плату (посадочные места имеются).

SmartGM862 отладочная плата компании miroElektronika для GSM/GPRS-модуля

GSM/GPRS модуль Telit GM862

Отличительные особенности:

- поддержка диапазонов EGSM: 800 / 900 / 1800 / 1900 МГц;
- выходная мощность 2 Вт (800/900 МГц), 1 Вт (1800 / 1900 МГц);
- интерфейс RS232 UART (КМОП), автоматическое определение скорости обмена
- контроль и управление с помощью AT команд;
- встроенный слот SIM карт с определением наличия карты в реальном времени;
- встроенные адаптивные голосовые кодеки (HR, FR, EFR, AMR);
- высокоэффективные схемы подавления шума и эхо;
- поддержка DTMF;
- поддержка сервиса SMS;
- поддержка работы с SIM картой, включая телефонную книгу;
- часы реального времени;
- схемы управления питанием и отслеживание состояния батареи;
- встроенная схема заряда Li-Ion батареи, выходной ток 400 мА;
- встроенный TCP/IP стек, включая TCP, IP, UDP, SMTP и FTP протоколы;
- поддержка обновления ПО модуля по эфиру;
- модуль GM862-GPS имеет встроенный GPS приемник с поддержкой 20 каналов GPS;
- дополнительные возможности GSM: адресация звонков, ожидание и удержание вызова, предоставление номера вызывающей линии (CLIP);
- встроенный 11-битный АЦП;
- до 13 линий ввода вывода;
- выходы на светодиоды-индикаторы статуса;
- напряжение питания 3.22 В 4.5 В;

Tellit GM862 (сам модуль и SIM-карта в комплект поставки не входит). Плата содержит все необходимое для разработки GSM/GPRS приложений. На плате установлен регулятор напряжения, поэтому нет необходимости использовать дополнительный источник питания. Имеются DIP переключатели с помощью которых можно конфигурировать линии связи с микроконтроллером. Подключение к микроконтроллеру или к внешним схемам осуществляется через специальный разъем IDC10.

- потребление в режиме Power Off менее 26 мкА, потребление в режиме Stand-by менее 17 мА, потребление в голосовом режиме менее 200 мА, потребление в режиме передачи данных (GPRS) менее 370 мА
- размеры модуля 43.9 43.9 6.9 мм.

Для организации всех отдельных модулей в единую систему потребуется выполнить несколько подключений согласно схемы, приведенной ниже. Возможна самостоятельная сборка системы при наличии всех необходимых комплектующих.

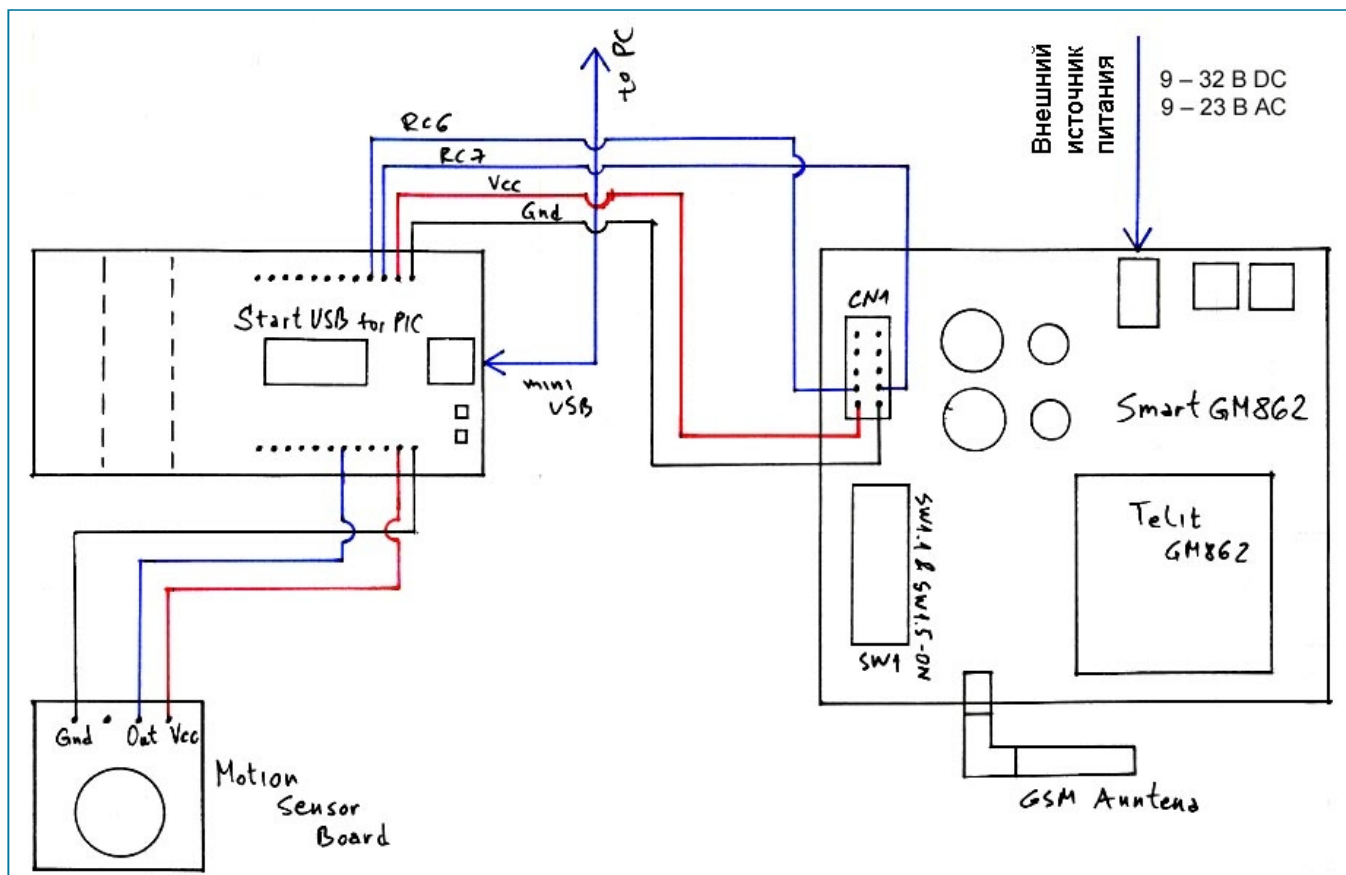
Программа микроконтроллера отслеживает состояние датчика движения. После подачи питания, система в течение одной минуты остается неактивной. По истечению этого времени система переходит в режим охраны. При обнаружении движения на выходе датчика появится высокий логический уровень, и система отошлет SMS-сообщение вида:

«Warning: Motion Detected!», что укажет на присутствие посторонних в доме. После отправки SMS-сообщения система перейдет в режим ожидания на 1 минуту и затем перейдет в режим охраны снова.

Исходный код приложения для компиляторов mikroC, mikroBasic и mikroPascal компания также предлагает бесплатно. Пользовате-

ли могут изменить его в соответствии со своими нуждами.

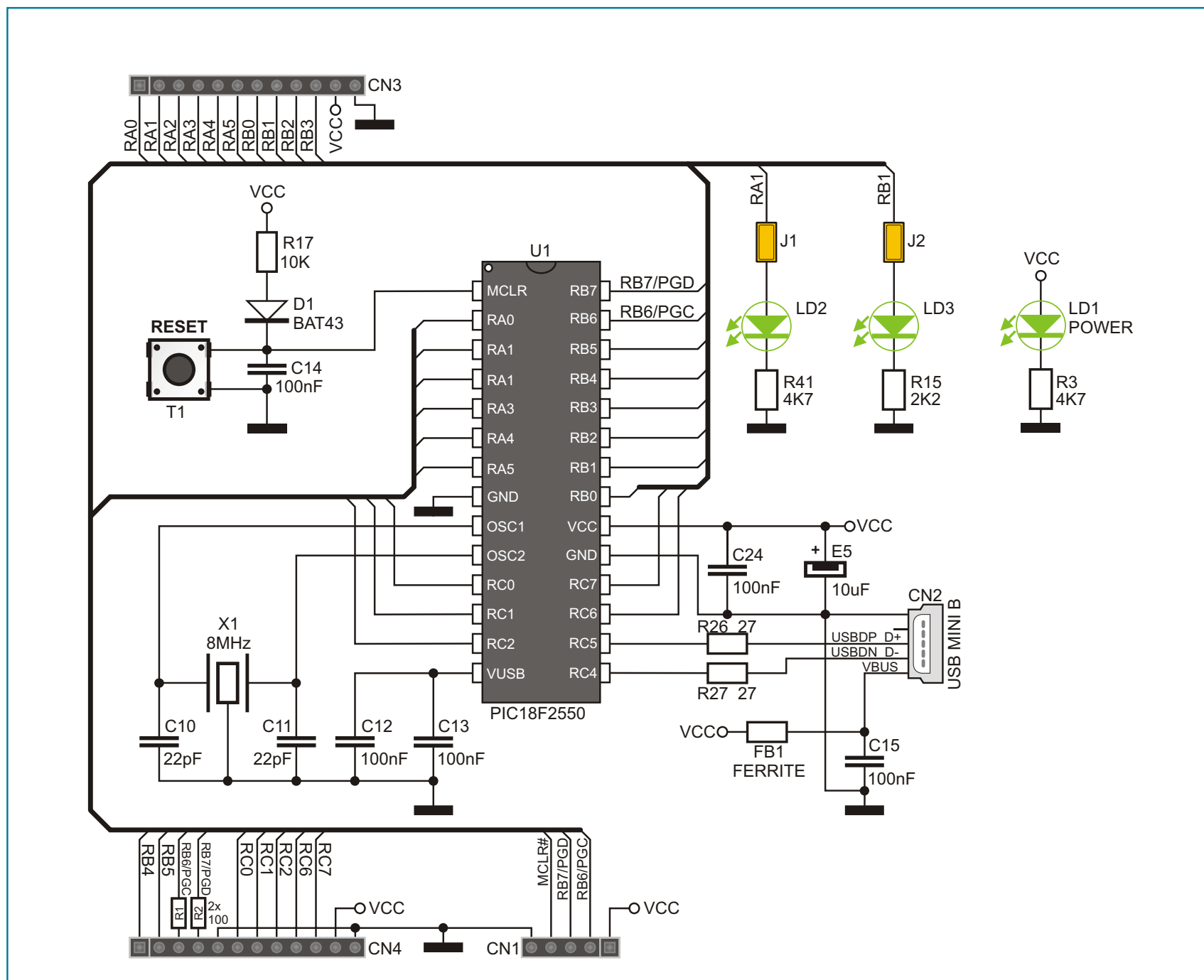
Следует заметить, что при самостоятельной сборке устройства (не заказывая готовые наборы у компании), понадобится запрограммировать USB загрузчик (если в нем будет необходимость) при помощи внешнего программатора.



Загрузки

USB 2.0 загрузчик (Firmware) для микроконтроллера, программу для ПК, исходный код приложения (для компиляторов mikroC, mikroBasic и mikroPascal) можно скачать на сайте РадиоЛоцман:

<http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=99072>



Принципиальная схема отладочной платы StartUSB for PIC

Возможность соединения удаленных MIDI инструментов с использованием LAN кабеля

Miguel Ratton

MIDI (англ. Musical Instrument Digital Interface – цифровой интерфейс музыкальных инструментов) – стандарт цифровой звукозаписи на формат обмена данными между электронными музыкальными инструментами.

Интерфейс позволяет единообразно кодировать в цифровой форме такие данные, как нажатие клавиш, настройку громкости и других акустических параметров, выбор тембра, темпа, тональности и др., с точной привязкой во времени. В системе кодировок присутствует множество свободных команд, которые производители, программисты и пользователи могут использовать по своему усмотрению. Поэтому интерфейс MIDI позволяет, помимо исполнения музыки, синхронизировать управление другим оборудованием, например, осветительным, пиротехническим и т.п.

В 1983 году консорциум разработчиков программного и аппаратного обеспечения разработал стандарт MIDI, который определял использование микрофонного кабеля для связи устройств на максимальном расстоянии 20 метров. Однако этого расстояния может оказаться недостаточно для управления удаленными устройствами. Например, в некоторых случаях оборудование устанавливается на сцене, и есть необходимость управлять им с микшерного пульта.

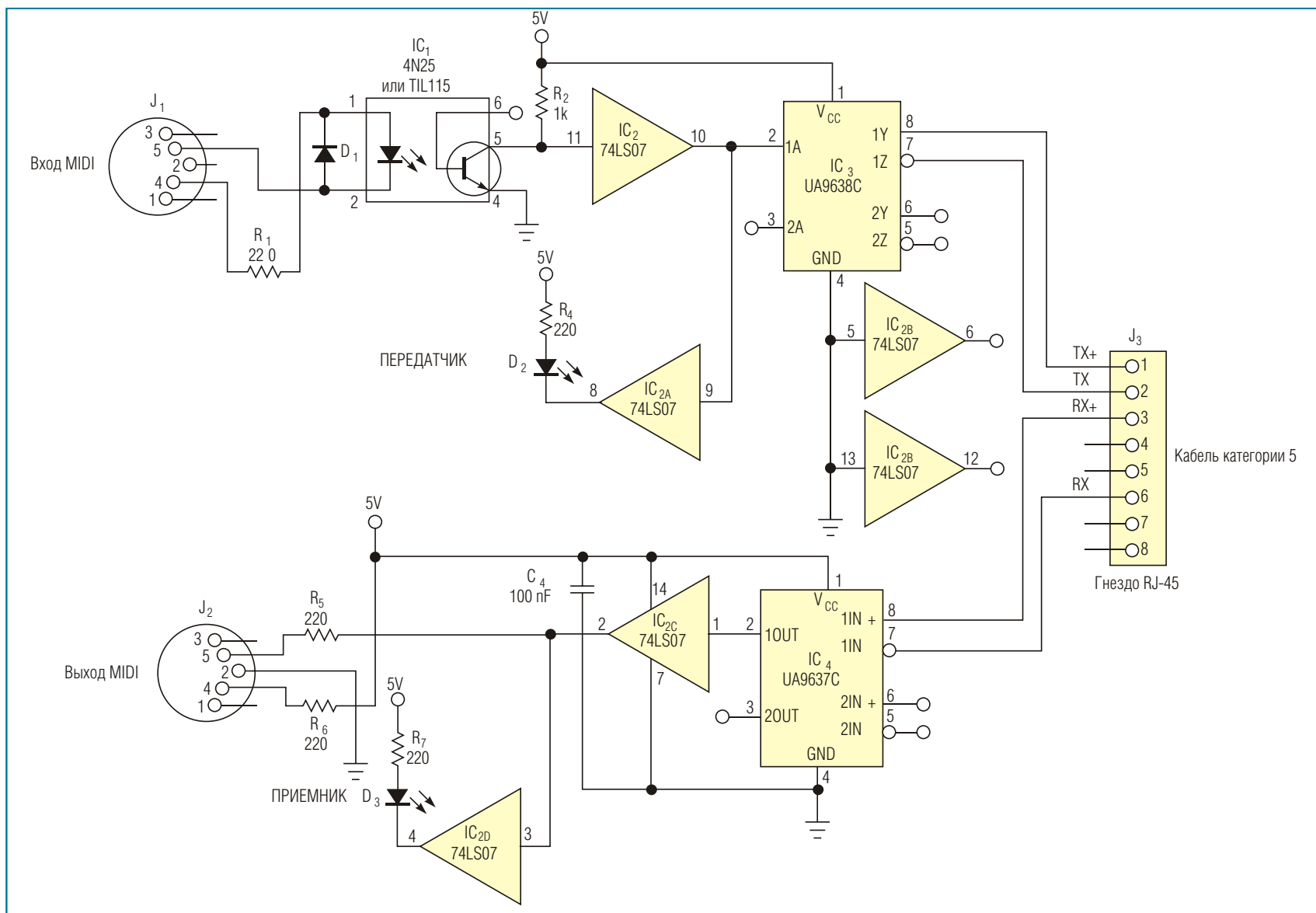


Мы рассмотрим электронную схему, в которой используется микросхема высокоскоростного сдвоенного дифференциального линейного драйвера и микросхема сдвоенного дифференциального линейного приемника. Схема включения показана на рисунке ниже.

Такая реализация позволяет передавать MIDI сигналы посредством сетевого кабеля Category 5 LAN cable на расстояния более 100 м.

Как видно, это электронный модуль, содержащий передающую и приемную часть и подключаемый к MIDI устройству. Таким образом, для связи двух MIDI инструментов потребуются два модуля.

Данные с передающего MIDI устройства поступают на вход устройства «Вход MIDI», проходят через оптопару IC₁ (4N25 или



TIL115), которая не вносит каких-либо изменений в сигнал и обеспечивает изоляцию между устройствами. Затем MIDI данные поступают на вход линейного драйвера UA9638C, который преобразует однополярный сигнал в дифференциальный, подходящий для передачи по сетевому кабелю.

Передача проходит по одной из пар сетевого кабеля и достигает приемного устройства. Сигнал поступает на вход дифференциального линейного приемника UA9637C, который

преобразует дифференциальный сигнал в ТТЛ уровни. Далее сигнал (MIDI) поступает на приемное MIDI устройство.

Светодиоды D₂ и D₃ служат для индикации активности передатчика и приемника, соответственно.

Тестирование доказывает, что посредством данной схемы возможна передача MIDI сигналов на расстояние более 100 м без потери данных.

Замена выпрямительного диода MOSFET транзистором снижает потери в источнике питания

Camilo Quintáns Graña и Jorge Marcos Acevedo, Испания

На мощных кремниевых выпрямительных диодах прямое падение напряжения может достигать 1.2 В. Рассеиваемая на них мощность снижет КПД источников питания. Так, к примеру, на антивозвратном диоде в фотоэлектрической панели мощностью 120 Вт с номинальным напряжением 24 В может теряться до 6 Вт мощности, что в относительных единицах означает 5%. Система охлаждения диодов требует дополнительных

затрат, и, опять же, увеличивает потери мощности.

В статье предлагается более экономичное решение, заключающееся в замене мощного диода MOSFET транзистором, работающем в режиме включения/выключения.

На Рисунке 1 изображена схема выпрямителя с MOSFET транзистором Q_1 , имеющим во включенном состоянии низкое сопротивление

сток-исток. V_2 представляет источник переменного напряжения 36 В. Нагрузка образована последовательным соединением резистора 9 Ом и индуктивности 25 мГн. Компаратор IC₁ управляет затвором транзистора Q₁ на тех отрезках времени, когда напряжение питания на аноде превышает напряжение на катоде. Таким образом, исток выполняет функцию анода выпрямителя, а сток – катода. В схеме используется способность транзистора проводить ток в направлении исток-сток. При включении Q₁ происходит эффективное шунтирование паразитного диода между подложкой и стоком, благодаря чему потери мощности оказываются минимальными.

При низком напряжении затвор-исток
выключены как транзистор, так и пара-

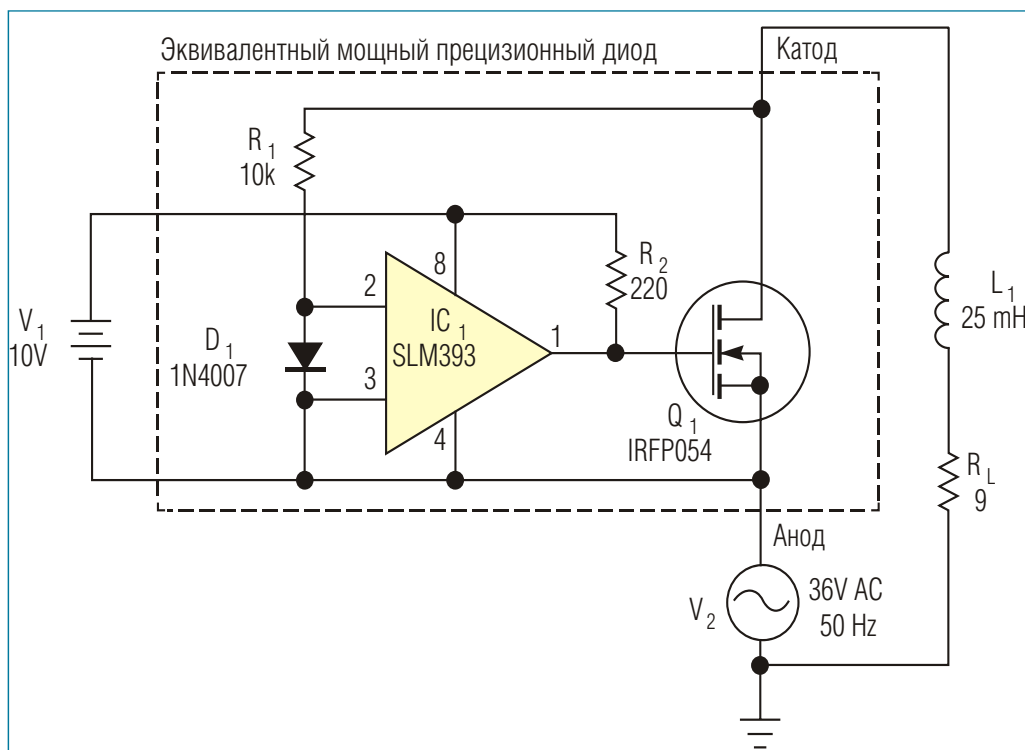


Рисунок 1. Прецизионный мощный диод работает как выпрямитель, питающий индуктивную нагрузку.

зитный диод. Диод D_1 и резистор R_1 выполняют функцию защиты компаратора, ограничивая напряжение на его входах.

В нормальном режиме функционирования выпрямителя при максимальном токе нагрузки 2.65 А падение напряжения равно 33 мВ, а Q_1 работает в омической области (области нарастания вольт-амперной характеристики). Напротив, если не управлять напряжением затвора, падение напряжения достигает 629 мВ, приводя к возрастанию максимальной мгновенной мощности до 1.66 Вт.

Предлагаемый подход справедлив для выпрямителей любого типа с любым количеством диодов. Кроме того, возможно использовать эту схему в DC/DC и DC/AC преобразователях, поскольку в мостовых схемах MOSFET транзисторы могут пропускать как активные, так и реактивные составляющие токов. Существенной особенностью является и исключение влияния паразитного диода подложка-сток.



**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

www.decima.ru

Повышение эффективности использования цифровых линий ввода/вывода микроконтроллеров

Vasile Surducan u Emanoil Surducan

Мультиплексирование линий ввода/вывода микроконтроллеров и управление светодиодным индикатором

Очень часто разработчики устройств на микроконтроллерах или программируемых устройствах сталкиваются с проблемой нехватки цифровых линий ввода/вывода при подключении многоразрядных светодиодных индикаторов. Особенно острой становится проблема при необходимости реализации в устройстве кнопочной клавиатуры, наряду с индикаторами и другой периферией. С целью экономии портов микроконтроллера, в таких случаях прибегают к использованию различной техники мультиплексирования линий ввода/вывода, которые имеют свои преимущества и недостатки.

К таковым методам мультиплексирования цифровых линий ввода/вывода относится Charlieplexing (мультиплексирование «методом Чарли») или Gugarplexing.

Чарли Аллен (Charlie Allen) разработал метод Charlieplexing, работая в компании Maxim, которая с тех пор выпускает микросхемы, реализующие алгоритм Чарли. Аллен использовал высокоимпедансное третье состояние выводов, реализованное во многих

микропроцессорах, для выключения светодиодов в матрице; в то время как включение отдельных светодиодов производится путем подачи на соответствующие выводы микропроцессора сигналов высокого и низкого уровня.

Gugarplexing – это новый метод мультиплексирования линий ввода/вывода, и в сравнении с Charlieplexing, позволяет управлять вдвое большим числом светодиодов при добавлении в схему нескольких дополнительных компонентов.

В общем случае они позволяют подключить 8-разрядный семисегментный светодиодный индикатор, используя всего 9 линий ввода/вывода. Однако при разработке, следует учитывать, что при таком мультиплексировании имеет место низкий коэффициент заполнения, и поэтому требуется наличие драйвера между микроконтроллером и индикатором для достижения высокой видимости символов на индикаторе.

Схема на рисунке 1 использует $8+N/2$ линий ввода/вывода для подключения N-

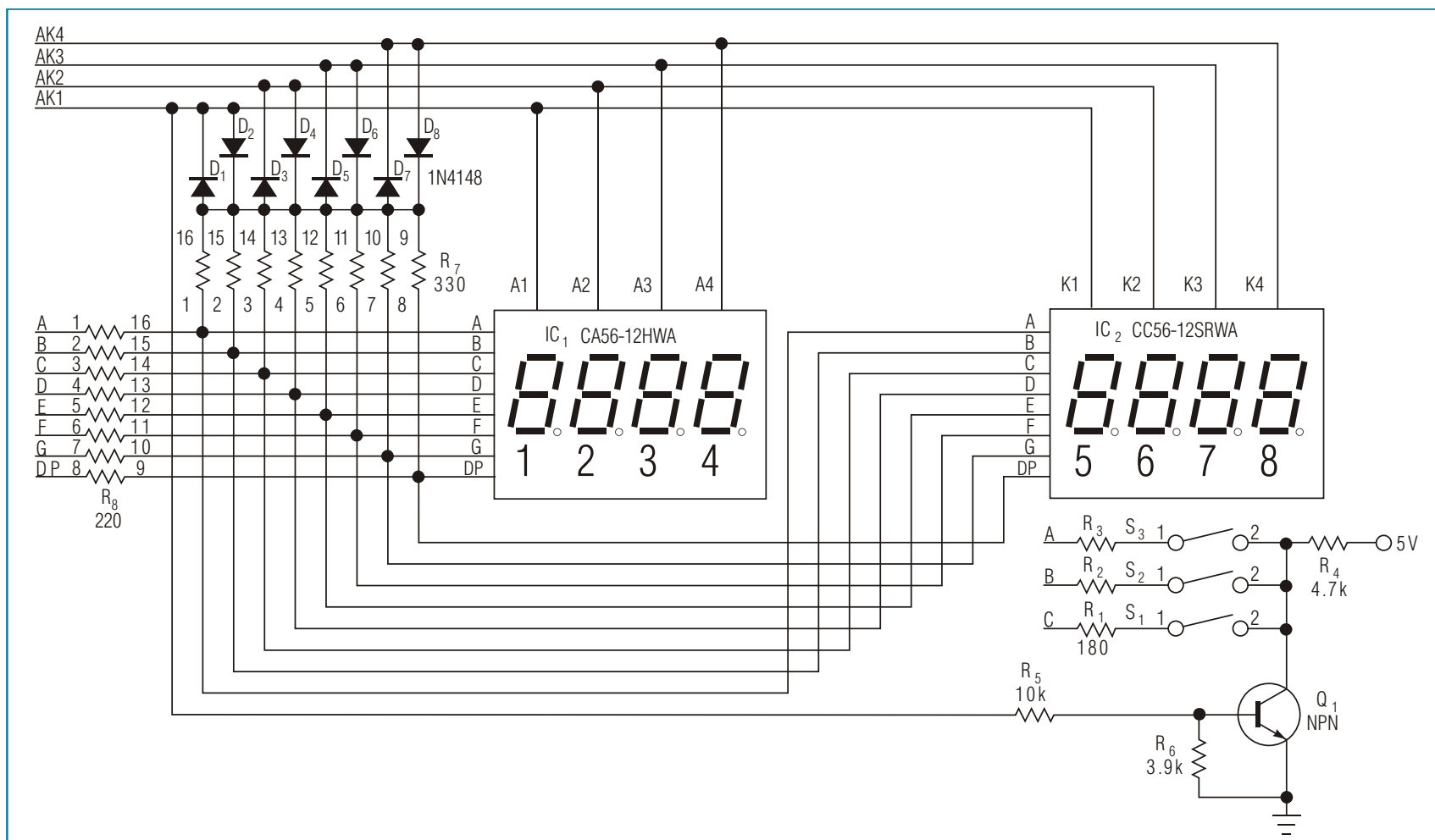


Рисунок 1. Индикатор с общим анодом, индикатор с общим катодом и кнопки могут быть подключены к одной шине

разрядного семисегментного индикатора, наряду с восемью кнопками на этой же шине. Стоит заметить, что данная реализация не требует использования драйвера для индикатора и можно использовать ее с любыми программируемыми устройствами и микроконтроллерами, допускающими непосредственное подключение светодиодов к портам, например с микроконтроллерами Atmel или Microchip.

На схеме резисторы R_8 – это токоограничительные резисторы для индикатора IC_1 (CA56-12HWA) с общим анодом и для индикатора IC_2 (CA56-12SRWA) с общим катодом. Допускает-

ся любая комбинация стандартных и ультраярких индикаторов IC_1/IC_2 , однако потребуется



Рисунок 2. Без резисторов R_7 видно подсвечивание выключенных сегментов индикатора (слева). С резисторами R_7 такого эффекта не наблюдается, даже при нажатии кнопок S_1-S_3 .

корректный выбор коэффициента заполнения в программном обеспечении. Резисторы R₇ и импульсные диоды D₁-D₈ (1N4148) используются для исключения подсвечивания выключенных сегментов индикаторов (Antighostig). Появление такого эффекта (Ghosting) – слабое свечение выключенных сегментов, – связано с переключением (мультиплексированием) и появлением кратковременных импульсных помех или с несоответствующими уровнями напряжений на выводах управления, когда эти выводы находятся в высокоимпедансном состоянии (Z-состояние). Такой эффект – результат использования всех линий ввода/вывода: высокий, низкий и высокоимпедансный логический уровень выхода, переключение между ними в последовательности бесконечного цикла программы (см. Таблицу 1).

Нижеследующее выражение позволит вычислить значение резисторов R₇:

$$R_7=(V_{SAFE}-0.6\text{ В})/10I_{GHOST},$$

где

- 0.6 В – падение напряжения на диодах D₁-D₈, измеренное при температуре 25°C;

- I_{GHOST} – это пороговое значение статического тока утечки, при котором подсвечивание выключенных сегментов заметно, но минимально;
- V_{GHOST} – потенциальное значение напряжения, которое может появиться на любом сегменте, когда сегмент не включен.

Пользователи могут найти значение I_{GHOST} экспериментально при внешнем освещении менее 10 люкс, подав небольшой ток на отдельный сегмент индикатора и наблюдая за значением тока и падением напряжения на сегменте в момент, когда сегмент начинает светиться. Для ультраярких индикаторов значение I_{GHOST} должно быть приблизительно 70 мкА. Ток I_{GHOST} создает нежелательное падение напряжения V_{GHOST}:

$$V_{GHOST}=1.54\text{ В и }V_{SAFE}-kV_{GHOST},$$

где k – доверительный коэффициент в диапазоне 0.5–0.7, компенсирующий напряжение V_{GHOST} дисперсии индикатора. В нашем примере значение V_{SAFE} = 0.7 В для ультраяркого

Таблица 1. Последовательность переключений для индикаторов

Последовательность	Включенный символ на индикаторе	Чтение кнопок	Общие выводы, кнопки				Шина сегментов А, В, ... Dp
			AK1	AK2	AK3	AK4	
1	IC1 – 1	—	Z	Z	Z	Z	Выход Низкий уровень = данные
2	IC1 – 2	—	Z	1	Z	Z	
3	IC1 – 3	—	Z	Z	1	Z	
4	IC1 – 4	—	Z	Z	Z	1	
5	—	Да	1	—	—	—	Вход
6	IC2 – 5	—	0	Z	Z	Z	Выход Высокий уровень = данные
7	IC2 – 6	—	Z	0	Z	Z	
8	IC2 – 7	—	Z	Z	0	Z	
9	IC2 – 8	—	Z	Z	Z	0	

Обозначение логических уровней в таблице:

- Z – высокоимпедансное состояние;
- 1 – высокий уровень;
- 0 – низкий уровень.



**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ
РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ РАЗДЕЛКИ КАБЕЛЯ
И СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ**

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

www.decima.ru

индикатора и 1 В для стандартного. Если будет использоваться комбинация из стандартного и ультраяркого индикатора, то необходимо выбрать меньшее значение V_{SAFE} для вычисленного значения R_7 .

Чтение кнопок представляет собой асинхронную процедуру, в отличие от цифрового мультиплексирования. Таким образом, любая комбинация нажатия кнопок не должна включать сегменты индикаторов. Резисторы R_1 , R_2 , R_3 ограничивают ток через сегменты индикатора IC_1 ниже I_{GHOST} при включенном транзисторе Q_1 и высоком уровне на выводе АК1. Резистор R_6 удерживает транзистор закрытым, даже когда выход АК1 находится в высокоимпедансном состоянии. Резистор R_4 ограничивает ток коллектора транзистора.

Также следует отметить, что во время чтения кнопок должны быть включены внутренние подтягивающие резисторы микроконтроллера по линиям А, В и С.

Демонстрационная программа для микроконтроллера PIC16F886 (исходный код, подключение индикаторов по схеме на рисунке 1) будет доступна для загрузки на сайте РадиоЛоцман.

Измерение температуры с высоким разрешением

Moshe Gerstenhaber, Michael O'Sullivan

В составе микросхемы усилителя сигнала термопары AD8494 есть датчик температуры, используемый обычно для компенсации напряжения холодного спая. Заземлив входы термопары, микросхему можно превратить в автономный термометр, измеряющий температуру в °C. В такой конфигурации, напряжение усилителя между выходом и опорным выводом (обычно заземленным) изменяется с крутизной 5 мВ/°C. Одним из недостатков такого подхода является низкое разрешение при измерениях в узком диапазоне температур. Возьмем такой пример: 10-разрядный АЦП, работающий от одного источника пита-

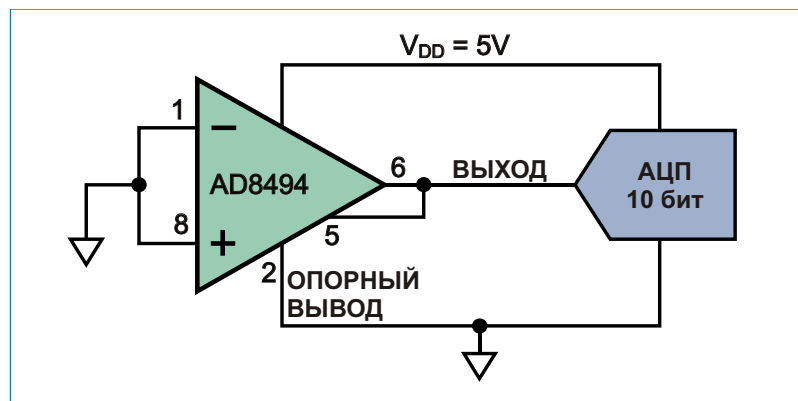


Рисунок 1. Простой термометр.

ния 5 В, имеет разрешение (вес младшего разряда) 4.88 мВ. Это означает, что разрешение системы, изображенной на Рисунке 1, будет порядка 1 °C/разряд. Если измеряемый диапазон температур узок и равен, к примеру, 20 °C, выходное напряжение будет изменять-

ся на 100 мВ, что составит всего лишь 1/50 доступного динамического диапазона АЦП.

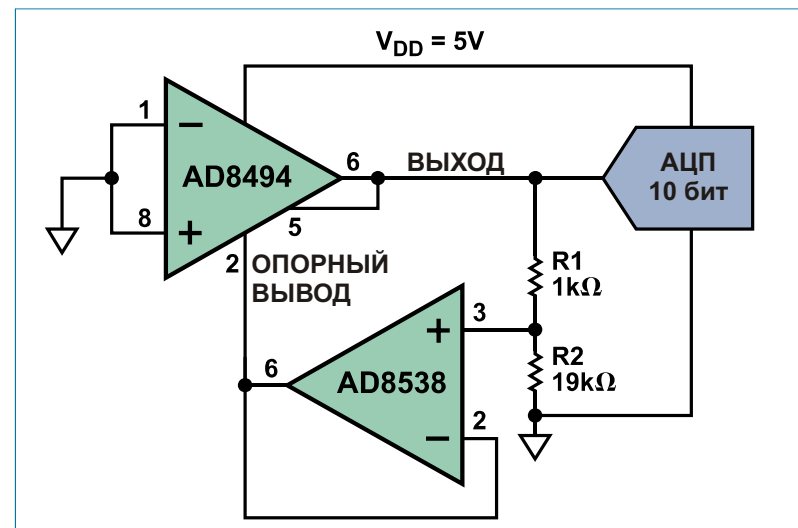


Рисунок 2. Измерение температуры с высоким разрешением.

Проблему можно решить с помощью схемы, показанной на Рисунке 2. Как и в предыдущей схеме, крутизна напряжения между выходом и опорным выводом усилителя равна 5 мВ/°C. Но теперь опорный вывод управляется операционным усилителем, включенным повторителем напряжения, и напряжение 5 мВ/°C прикладывается к резистору R1. Ток R1 протекает и через R2, генерируя зависящее от температуры напряжение, в $(R1 + R2)/R1$ раз большее, чем на R1. При использовании резисторов с номиналами, показанными на схеме, выходное напряжение будет изменяться с крутизной $20 \cdot 5 \text{ мВ/°C} = 100$

мВ/°С, так что изменению температуры на 20°С будет соответствовать изменение напряжения на 2 В. По сравнению с первой схемой, разрешение улучшилось в 20 раз. Используемый в качестве буфера с низкоимпедансным выходом между цепочкой резисторов и опорным выводом, усилитель AD8538 необходим для подавления синфазных помех и снижения погрешности коэффициента усиления.

Следует внимательно следить за тем, чтобы чувствительность схемы была согласована с диапазоном измеряемых температур. Например, если при температуре 25 °С выходное напряжение равно 2.5 В, система сможет точно выполнять измерения в диапазоне от 5 до 45 °С, так как выходное напряжение при этом будет изменяться от 0.5 до 4.5 В.

Схема на Рисунке 3 обладает большей чувствительностью и позволяет регулировать температурные диапазоны. Делитель R3, R4 имитирует напряжение термопары, необходимое для смещения усилителя, сдвигая выход в ноль при требуемой температуре. При наличии шумов на шине V_{DD} для плавной и более точной корректировки смещения можно использовать прецизионный источник опорного напряжения с резистивным делителем. При

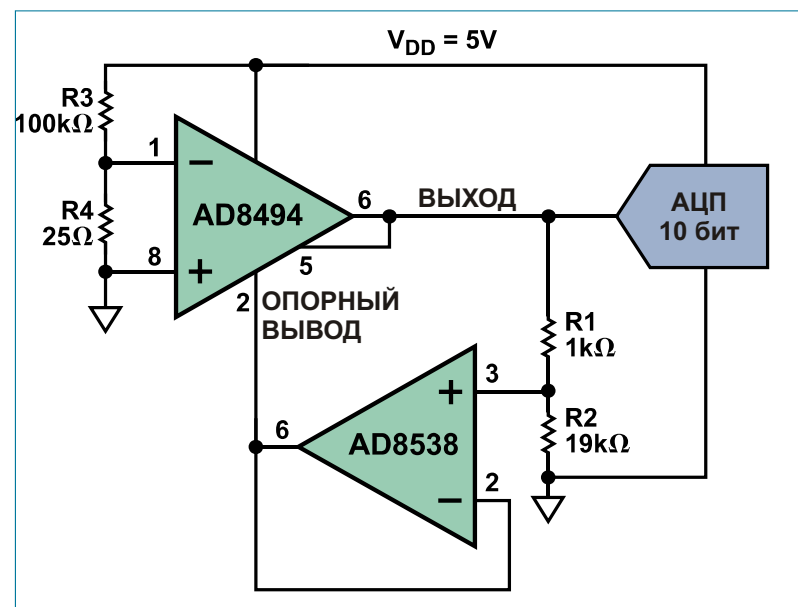


Рисунок 3. Измерение температуры с еще более высоким разрешением и регулировкой смещения.

температуре 25 °С выходное напряжение схемы равно приблизительно 0.05 В, чувствительность 100 мВ/°С (разрешение 0.05 °С/разряд), а диапазон измеряемых температур от 25 до 75 °С.

Начальная ошибка смещения микросхем AD8494 имеет значения от ±1 °С до ±3 °С, поэтому, для улучшения абсолютной точности, разработчик должен включить в схему узел калибровки смещения.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. www.decima.ru - Системы видеонаблюдения, клеммы WAGO, измерительное оборудование Testboy, ручной инструмент Jokari.

2. www.datasheet.ru - Поиск даташитов от Google (только сайты производителей!)

3. www.rlocman.ru/comp/shop.html - Цены: от транзистора до осциллографа, прайс-листы лучших дистрибьюторов.

4. www.rlocman.ru/pr/ - Описания и сравнение параметров большой базы измерительного оборудования.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Журнал РАДИОЛОЦМАН

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

В. Колесник
С. Муратчаев
А. Николаев
А. Ридель

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

июнь 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

НОВОСТИ

Интегрированное DrMOS решение фирмы Vishay позволяет отдавать в нагрузку ток до 40 А с КПД более 93%	5
Hittite представляет генератор сигналов 0.01... 20 ГГц с батарейным питанием	6
Texas Instruments продолжает повышать уровни производительности и инноваций DSP	7
Аккумуляторы площадью с гандбольное поле помогут «зеленой» энергетике	9
Светодиодные модули LMR4 потребляют на 42% меньше энергии, чем люминесцентные лампы	11
Vishay выпустила белые светодиодные модули для коммерческих, промышленных, автомобильных и домашних применений	11

СТАТЬИ

Мобильный Интернет – угроза бизнесу сотовых операторов?	13
Особенности выбора и применения микросхем ЦАП для звуковых приложений	16
Почему так важен правильный выбор конденсаторов для LDO стабилизатора	29

СХЕМЫ

Охранная система для дома с SMS-оповещением	36
Возможность соединения удаленных MIDI инструментов с использованием LAN кабеля	40
Замена выпрямительного диода MOSFET транзистором снижает потери в источнике питания	42
Повышение эффективности использования цифровых линий ввода/вывода микроконтроллеров	44
Измерение температуры с высоким разрешением	48