

№8 (110), 2012 г.

Информационно-технический
журнал

Учредитель — ООО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-43993

Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Выпускающий редактор:
Снежана Холодова

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Александр Маргелов
Николай Паничкин
Борис Рудяк

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Екатерина Беляева
Евгений Торочков

Распространение:

Снежана Холодова

Электронная подписка:
www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Распространяется бесплатно

Тираж — 1500 экз.
© «Новости электроники»

Подписано в печать:
26 сентября 2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *MAXIM INTEGRATED*

• Maxim – лидер в аналоговой интеграции <i>Рут Эрнандес</i>	3
• Решения для промышленных систем сбора и обработки данных <i>Петр Черемисов</i>	6
• Интеллектуальный сбор данных: счетчики, беспроводной интерфейс и контроллер <i>Александр Калачев</i>	11
• Построение защищенных промышленных интерфейсов на элементной базе Maxim Integrated <i>Роман Иванов</i>	17
• «Свето-цвето-температурная идентификация включена!» – семейство датчиков оптического излучения MAX4400x <i>Александр Калачев</i>	22
• Массовая термометрия – версия компании Maxim Integrated <i>Сергей Барабан</i>	27
• Maxim'ум бесперебойности: решения Maxim Integrated для систем с батарейным питанием <i>Роман Кривоносов</i>	29
• Чем грозят округленные числа, типовые характеристики и симуляторы <i>Билл Лаумайстер</i>	33
■ НОВОСТИ	36



maxim
integrated™

В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ: ПРОДУКЦИЯ TE CONNECTIVITY

- Электрические разъемы
- Реле: специализированные и общего назначения

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес vesti@compel.ru с пометкой «Тема в номер» или в рубрику «Я – автор» раздела «Разработчикам» сайта www.compel.ru.

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

На днях новостные агентства распространили, а многочисленные читатели прокомментировали первую за многолетнюю историю смену логотипа самой известной мировой сетевой аукционной компании eBay. Веселые разноцветные буквы разного размера уступили место строгим одноразмерным. Правда, разноцветность осталась.

Вряд ли другой проходящий сейчас ребрендинг вызовет такие же широкие отклики в массах. Меж тем в мире электроники это — весьма значимое событие, и профессионалы отрасли оценят его по достоинству. Трудно найти разработчика аналоговой электроники, незнакомого с продукцией компании Maxim (сразу проинформирую вас, что теперь она называется не Maxim Integrated Products, а просто **Maxim Integrated**). Компания сумела за 29 лет своего существования стать непрекращаемым авторитетом в производстве микросхем аналогового и смешанного сигнала, сделав упор на миниатюрность корпусов, малое энергопотребление и высочайшую надежность. Чипсеты для электропитания мобильной и портативной электроники, промышленные системы на кристалле для сбора данных, высокоскоростные АЦП/ЦАП, интегральные температурные датчики — в каждом из типов перечисленных компонентов Maxim находится в числе лидирующих поставщиков. По таким направлениям, как приемопередатчики интерфейсов и системы на кристалле для счет-

чиков электроэнергии компания является ведущим поставщиком в мире, а по «электронным таблеткам» i-Button — эксклюзивным поставщиком. Однако первоначальная бизнес-модель компании предполагала ориентацию в первую очередь на крупных производителей и их центры разработки. Отсюда — традиционный имидж Maxim как строго инженерной компании, не очень-то «жалующей» дилеров и дистрибьюторов, предпочитающей работать напрямую с крупными конечными производителями и их разработчиками. И отсюда же — строгий и не менявшийся 28 лет дизайн логотипа компании, а также руководства и буклеты для инженеров, выполненные в черно-синей цветовой гамме с преобладанием блок-схем, формул и технических описаний.

Однако в последнее время компания, не теряя ноу-хау и инженерный потенциал, становится более ориентированной на рынок, активно работает в новых для себя сферах (интеллектуальные системы контроля и учета электроэнергии, специализированные микроконтроллеры с защитой информации, датчики на базе MEMS-технологии — лишь некоторые примеры этого). Активная работа с дистрибьюторами тоже свидетельствует о новой, более гибкой, политике компании. (В конце 2010 года компания была признана Национальной ассоциацией дистрибьюторов электроники (NEDA) лучшей в отрасли по работе с дистрибьюторами на американском рынке). В последнее время Maxim активно внедряет

новые IT-технологии, компании удалось значительно сократить сроки поставок. Закономерным решением стала смена названия, а также — цветовой гаммы и графических образов. Старый логотип, строгий и как будто высеченный в граните на манер всем известной калифорнийской скалы с портретами президентов США, уступил место современному символично-графическому решению, строгий синий цвет — более раскованному зеленому. Наконец, чтобы подчеркнуть **лидирующее положение компании в области аналоговой интеграции и важность этого направления**, название и логотип изменены на **Maxim Integrated**. Причем в новом графическом символе объединены все буквы (M.A.X.I.M.), как бы символизируя эту интеграцию.

Итак — запоминайте новое название и новый логотип компании:



И не забывайте о том, что компания КОМПЭЛ остается дистрибьютором продукции Maxim и всегда готова оказать поддержку разработчикам в использовании компонентов этого производителя.

С уважением,
Геннадий Каневский

Рут Эрнандес (Maxim Integrated)

MAXIM – ЛИДЕР В АНАЛОГОВОЙ ИНТЕГРАЦИИ



Управляющий директор компании Maxim Integrated по продажам и применению в регионе EMEA (Европа, Ближний Восток и Африка) Рут Эрнандес в своем интервью редактору «Новостей электроники» Геннадию Каневскому рассказывает о целях и ходе ребрендинга компании, о сохранении основных принципов работы Maxim, о слияниях и поглощениях.

Геннадий Каневский: Компания Maxim за годы своего существования добилась значительных успехов в области разработки аналоговых микросхем. Некоторые группы устройств, например, интерфейсы RS-485, RS-232 или датчики температуры, прочно ассоциируются с именем компании. В каком направлении Maxim планирует двигаться далее, какова концепция разрабатываемых изделий, будут это стандартные решения для всех и каждого или узкоспециализированные системы?

Рут Эрнандес: В настоящее время происходит ребрендинг компании Maxim — она принимает новое имя Maxim Integrated, и это имя точно отражает фокусную цель, которую компания ставит перед собой, двигаясь вперед — интеграция. Мы разрабатываем превосходную продукцию для всех наших конечных сегментов потребления, от бытового — до промышленного и телекоммуникационного. Вы совершенно правильно упомянули успех интерфейсной продукции Maxim, которую компания продолжает выпускать. Мы очень гордимся тем, что имя Maxim стало синонимом качества на аналоговом рынке, и что многие изделия компании известны как студентам, так и опытным и заслуженным инженерам. Мы намерены продолжать инновации как в области стандартных изделий, так и разрабатывая так называемые специализированные решения. Однако, времена изменились, и требования рынка в нашей отрасли с каждым днем возрастают. Со временем вы будете получать от нас все более интегрированные изделия. Будучи специалистами в области интеграции, мы уверены, что с ее помощью мы сможем обеспечить значительные перемены на рынке.

Г.К.: В настоящий момент на рынке электронных компонентов представлено множество игроков. Что, по Вашему мнению, отличает Maxim от конкурентов? Каковы ваши наиболее сильные стороны?

Р.Э.: Рынок стал более требовательным. В последние годы мы наблюдаем, как сильные конкурирующие компании в агрессивной манере входят в сектор аналогового и смешанного сигнала. По моему мнению, существует вполне реальный риск «стандартизации» индустрии и подмены ноу-хау и качества упрощенным, удешевляющим подходом к разработкам. Это может привести к битве между конкурентами, в ходе которой основные ресурсы будут перенаправлены с индустрии, ориентированной на разработку новых изделий, на индустрию, базирующуюся на чистом маркетинге. В этой ситуации представление, цена и агрессивная конкуренция отвлекают внимание от таких важных факторов, как качество и инженерные решения. Maxim в значительной мере опирается на свою мощную репутацию эксперта. Именно поэтому мы сконцентрированы на том, чтобы принимать на работу лучших инженеров в отрасли. У нас очень сильная техническая культура и история, и мы верны нашим основам и основополагающим принципам компании. Мы намерены продолжать добиваться высочайшего качества и опираться на постоянство с целью достижения успеха. Мы достигнем снижения стоимости, предлагая рынку наилучшие решения и концентрируясь на системных решениях.

Мы являемся самой быстрорастущей компанией среди конкурирующих в этом секторе, и наш рост обеспечен высокоинтегрированной продукцией.

Помимо этого, наша подвижность и способность адаптироваться к рыночным реалиям делают нас сильным игроком в постоянно развивающейся отрасли. Мы являемся компанией большого размера, в которой бюрократия сведена к минимуму, и где инженеры пользуются большим уважением. Мы никогда не забудем, откуда мы вышли и куда мы идем.

Г.К.: Наш номер выходит в разгар кампании по ребрендингу Maxim. Расскажите, пожалуйста, для чего он проводится? Какие изменения произойдут (или уже произошли) в компании, изменится ли концепция работы компании на рынке в отношении дистрибьюторов и конечных заказчиков?

Р.Э.: Действительно, мы сейчас в процессе ребрендинга. Мы хотели бы, чтобы рынок знал, что многие положительные качества компании Maxim остались неизменными. Maxim остается как имя в названии нашего бренда и как компания — в наших сердцах. Но, будучи лидером рынка по интеграции, мы хотели отразить этот факт, добавив слово Integration к нашему фирменному наименованию. Это отражает нашу компетенцию, и название Maxim Integrated говорит само за себя. Помимо прочего, мы живем в динамичном мире, и в любой отрасли время от времени необходимы изменения. Мы кардинальным образом сократили сроки поставки, сгруппировали бизнес-подразделения по конечным рынкам, и даже создали в Ирландии Центр мастерства — своего рода внутреннюю штаб-квартиру по поддержке наших покупателей. Мы запустили процесс ребрендинга, чтобы просигнализировать рынку о недавних положительных изменениях в компании. Мы хотим, чтобы люди проявили любопытство и попытались узнать, что компания Maxim сделала за последние несколько лет, чтобы они общались с нами, задавали вопросы и стали бы частью нашего успеха. В нашу стратегию входят и тесные контакты с нашими дистрибьюторами. Существует осознанная необходимость объединить усилия с сильными партнерами для лучшего понимания и поддержки на местных



Новый логотип Maxim Integrated на башне здания биржи NASDAQ в Нью-Йорке на Таймс-Сквер

рынках. Также мы нацелены на расширение своего присутствия, чтобы откликаться на нужды и задачи любых секторов рынка по всему миру. Наши дистрибьюторы расширяют наши возможности в области продаж и поддержки заказчиков, и мы намерены продолжать эту стратегию.

Г.К.: В последние несколько лет мы наблюдаем серьезную активность ведущих мировых производителей электронных компонентов на российском рынке. Многие производители увеличивают численность своих представительств, наращивают штат инженеров. Как Maxim оценивает перспективы российского рынка, планируется ли увеличение ресурсов компании в России? В каких сегментах российского рынка, по Вашему мнению, развитие будет наиболее активным в ближайшие годы?

Р.Э.: Это интересный вопрос, для обсуждения которого потребовалось бы много времени. На самом деле, Россия — страна, которую мы продолжаем изучать и оценивать, насколько ее рыночный потенциал соответствует нашим инвестициям. Мы верим, что в России мы можем получить большой рост про-

даж. Здесь есть много интересных компаний в области среднего бизнеса с высокими нишевыми компетенциями в различных рыночных сегментах, технические наработки которых заслуживают пристального внимания.

Размер страны — вызов для нас и для наших конкурентов. Но это не является препятствием на пути обсуждения дальнейших инвестиций и тесного сотрудничества с нашими дистрибьюторами.

Г.К.: Не секрет, что многие крупные производители выходят на новые сегменты, «прирастая» поглощенными компаниями. Все помнят ваше удачное приобретение — компанию Dallas Semiconductor. Какие еще значимые компании присоединились к вам со времен Dallas? По какому принципу Maxim выбирает, какой компании сделать предложение о присоединении (производственные мощности, лидерство в своем сегменте, интеллектуальный потенциал сотрудников и т.д.)?

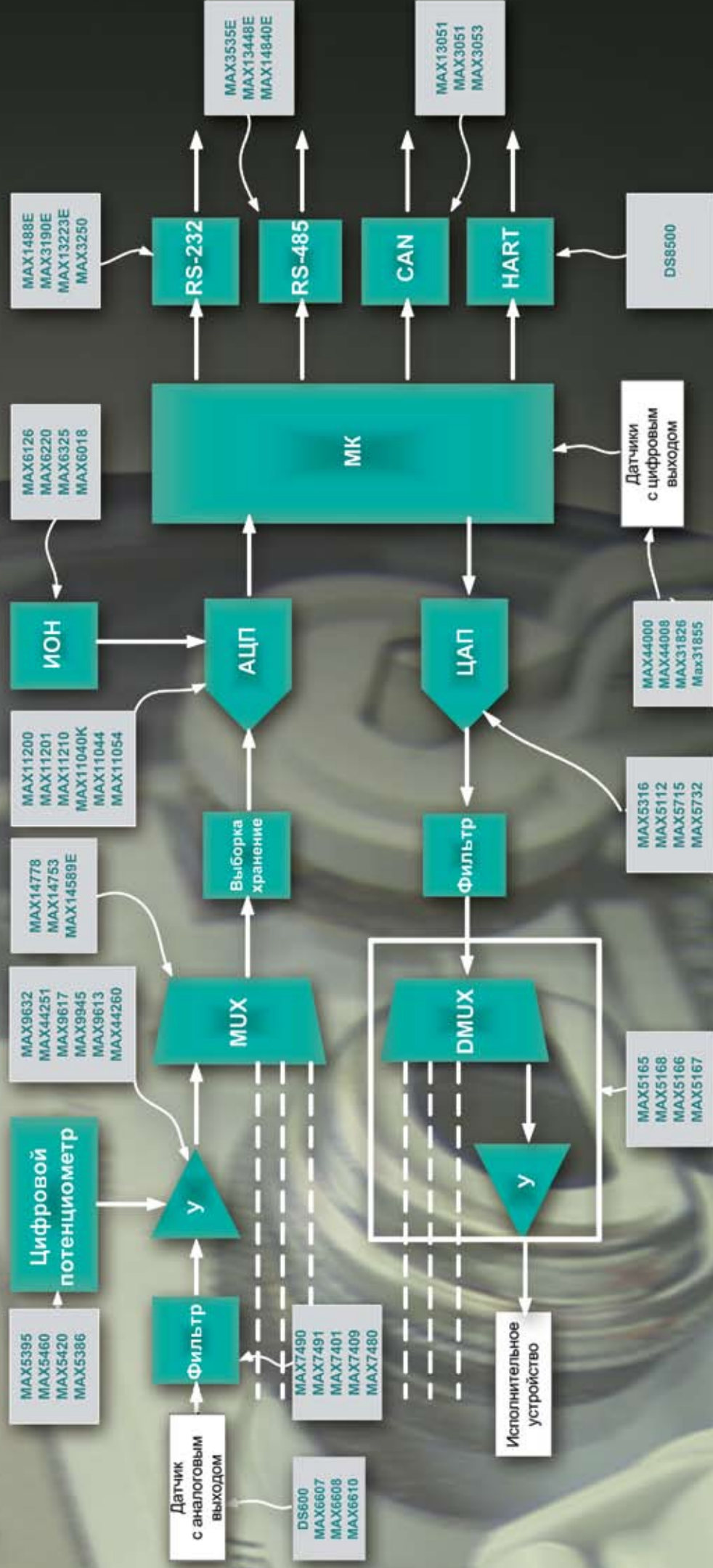
Р.Э.: Конечно, мы продолжаем следить за нишевыми компаниями как в области технологий, так и в области компетенций. Мы хотим добиться роста в

фокусных областях, изучая и рационализируя новые бизнесы, основываясь на балансе между нашими возможностями и потребностями наших заказчиков. Мы стараемся понять, куда движется рынок и что ценят наши покупатели.

После поглощения **Dallas Semiconductors** мы поглотили ряд очень интересных компаний, технологий и продуктовых линеек. В качестве примеров можно привести **InnovaCard**, компанию, которая расширила наше предложение на рынке специальных микроконтроллеров с усиленной защитой финансовых транзакций, применяющихся в банковских терминалах; **Teridian**, поставщика систем на кристалле для интеллектуальных счетчиков ресурсов, что представляет большой интерес для российского рынка; и, совсем недавно — **SensorDynamics** с очень интересным предложением в области датчиков и решений на базе MEMS-технологии.

Мы ищем компании, чьи технологии привлекательны и дополняют наши собственные возможности. И, конечно, мы оцениваем, где наиболее высока вероятность успеха при их сочетании с собственными технологиями компании Maxim. 

КОМПЭЛ поставляет все для измерения, преобразования, передачи и обработки сигнала от компании **Maxim Integrated**



Петр Черемисов (КОМПЭЛ)

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ



Интегральные системы сбора данных — один из «коньков» компании **Maxim**. Линейка этих изделий включает все возможные варианты — от отдельных микросхем **фильтров, мультиплексоров, АЦП** и схем **нормирования сигнала** до готовых систем на кристалле с процессорным ядром.

Система сбора данных (ССД) — это набор аппаратных средств, осуществляющий выборку, преобразование, хранение и первоначальную обработку различных входных аналоговых сигналов. Система сбора данных является основным элементом многоканальных средств измерений, определяющим его технические характеристики.

В состав ССД могут входить фильтры нижних частот (ФНЧ), нормирующие усилители (НУ), аналоговый мультиплексор (MUX), устройство выборки и хранения (УВХ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и микроконтроллер (МК). Некоторые типы ССД содержат программируемый усилитель после мультиплексора, что позволяет перестраивать диапазон измерений. Наиболее распространенная структура ССД представлена на рисунке 1.

На вход ССД поступают аналоговые сигналы, например — с датчиков физических величин. Тип и уровень аналогового сигнала определяется физическими особенностями применяемых датчиков. Как правило, сигнал мал по амплитуде, и в нем присутствуют нежелательные шумы и помехи. Фильтр нижних частот производит фильтрацию и предотвращает наложение спектров сигнала. Нормирующий усилитель согласует по амплитуде сигнал первичного преобразователя с входным диапазоном АЦП. Аналоговый мультиплексор обеспечивает коммутацию выбранного аналогового входного канала с УВХ. Устройство выборки-хранения производит хранение сигнала в течение всего периода времени преобразования аналого-цифрового преобразователя. АЦП осуществляет преобразование напряжения с входного аналогового канала в цифровой код. Далее цифровой код, пропорциональный входному сигналу с датчика, поступает в микрокон-

троллер, где происходит его первоначальная обработка.

ССД используются в различных областях, таких как прецизионные низкочастотные измерения, акустика, а также в высокоскоростных измерениях. Несмотря на близкую структуру, в зависимости от области применения к ССД, к ним могут предъявляться различные требования. В некоторых случаях используются и другие структуры ССД. Например, структура с несколькими УВХ (рисунок 2а). Эта структура используется, когда необходимо произвести выборку значений двух или большего числа сигналов точно в один и тот же момент времени (одновременная выборка).

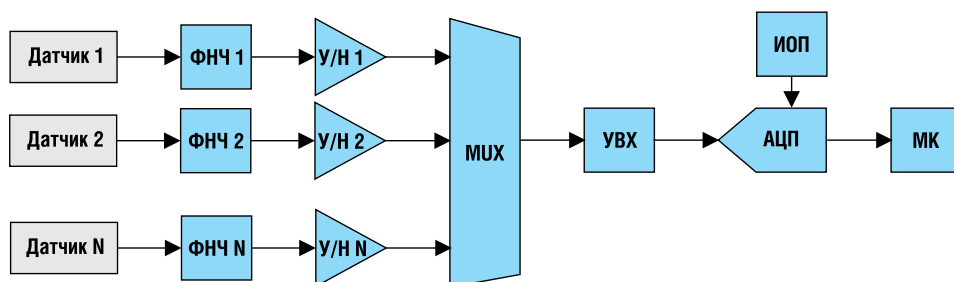
Структура с параллельно работающими АЦП (рисунок 2б) используется, когда преобразование всех сигналов должно проходить максимально быстро и в один и тот же момент времени. Наличие отдельного АЦП для каждого канала позволяет реализовать более высокую частоту дискретизации в расчете на канал. Такая структура чаще всего используется в системах контроля качества электросетей, управления двигателем и т.д. Обе структуры ССД, изображенные на рисунке 2, используются

в приложениях, где разность фаз выборки сигналов, возникающая из-за задержки преобразования, ведет к появлению методической погрешности.

В настоящее время существуют два основных подхода к проектированию современных систем сбора данных: построение ССД с использованием дискретных компонентов и построение ССД с использованием технологий систем на кристалле.

Первый подход является наиболее сложным способом разработки ССД. Он требует обоснованного выбора элементной базы, схематехнических решений и конструкции печатной платы. Этот подход предполагает создание макетного образца и проведение испытаний, что увеличивает сроки и стоимость разработки. Для всего перечисленного необходимы высокая квалификация разработчика, а также достаточно большие временные и экономические затраты. Тем не менее, построение ССД на дискретных компонентах необходимо для решения узкоспециализированных задач. Это целесообразно в случаях, когда для решения задачи не существует специализированных систем на кристалле или готовых интегральных ССД.

Компания Maxim выпускает значительное количество высокоинтегрированных компонентов с уникальными характеристиками для построения современных ССД. В номенклатуре выпускаемой ею продукции есть компоненты для реализации любого узла ССД, такие как датчики физических величин, инте-



ФНЧ — фильтр нижних частот; У/Н — устройство усиления/нормирования сигнала; MUX — аналоговый мультиплексор; УВХ — устройство выборки/хранения; ИОП — источник опорного напряжения; АЦП — аналого-цифровой преобразователь; МК — микроконтроллер

Рис. 1. Структурная схема ССД

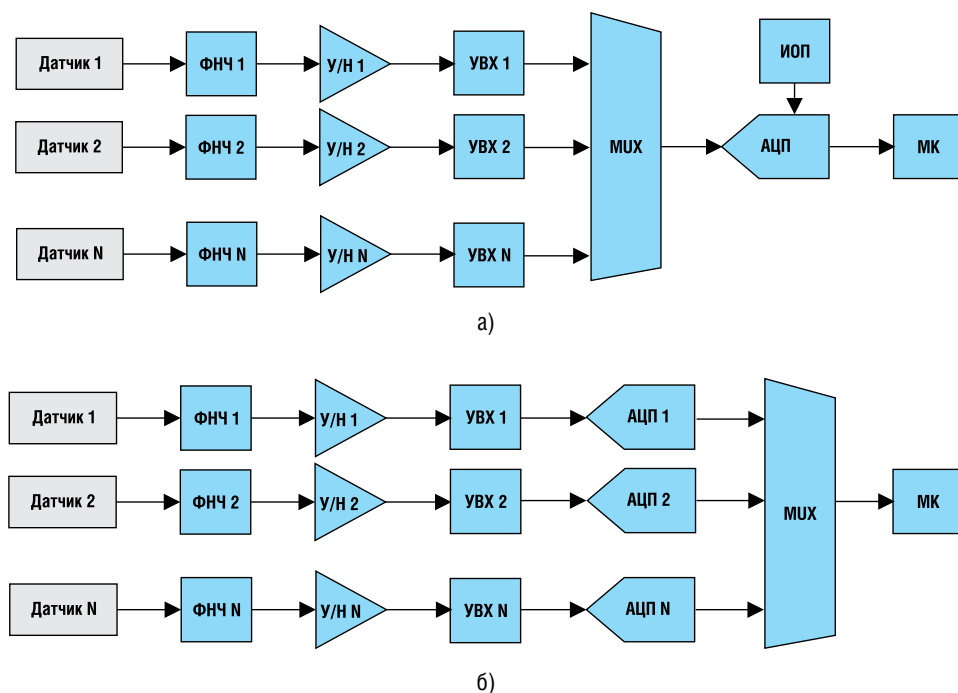


Рис. 2. Структуры ССД

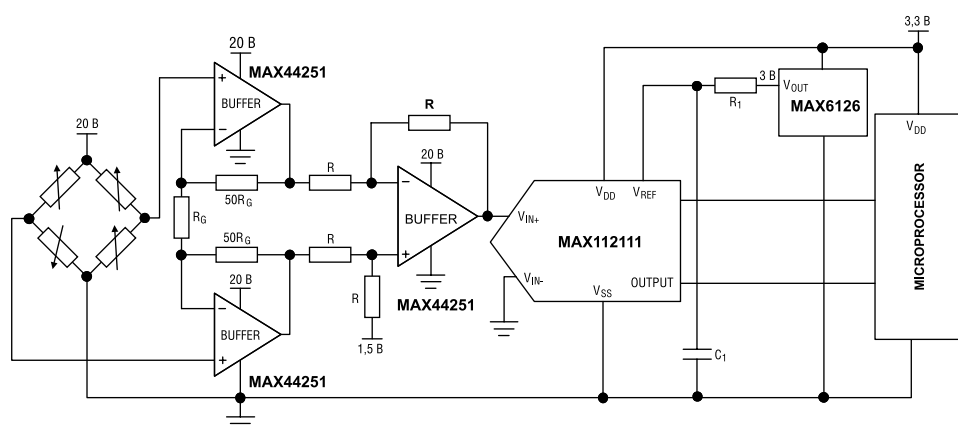


Рис. 3. Пример применения ОУ MAX44251 совместно с 24-разрядным АЦП серии MAX112xx

гральные фильтры, операционные и инструментальные усилители, цифровые и аналоговые мультиплексоры, устройства выборки и хранения, источники опорного напряжения, программируемые усилители, аналого-цифровые преобразователи, микроконтроллеры и т.д.

Интегральные схемы фильтров

Для построения активных фильтров необходимо использование маломощных

операционных усилителей и большого количества пассивных компонентов. При этом маломощные ОУ, как правило, имеют высокий уровень энергопотребления и высокую стоимость. Кроме того, построение фильтров ведет к увеличению габаритных размеров и усложнению трассировки печатной платы. Использование готовых интегральных фильтров серии **MAX74xx** позволяет реализовать ФНЧ до 8-го по-

рядка на одной микросхеме. Семейство **MAX74xx** состоит из фильтров эллиптического типа, фильтров Баттерворта и Бесселя до 8-го порядка. Потребление интегральных фильтров в активном режиме не превышает 1,2 мА. Миниатюрный корпус SOIC8 поможет сэкономить место на плате, особенно если ССД имеет многоканальную структуру. Подробнее об интегральных фильтрах можно узнать по адресу: <http://www.maximintegrated.com/products/filters>.

Усиление и нормирование сигнала

Схема усиления и нормирования сигнала предназначена для согласования уровня напряжения выходного аналогового сигнала датчика к полному диапазону АЦП, что снижает погрешность преобразования АЦП. Подбирая операционные усилители для работы в составе той или иной ССД, помимо метрологических характеристик, таких как напряжение, смещение, температурный и временной дрейф напряжения смещения, КОСС, коэффициент усиления при разомкнутой обратной связи, необходимо внимательно анализировать и шумовые характеристики ОУ (см. таблицу 1).

Для приложений, особенно критичных к уровню шума, необходимо использование таких маломощных ОУ, как, например, **MAX9632**. Это маломощный операционный усилитель с ультранизким уровнем входных шумов (порядка 0,94 нВ/√Гц) и напряжения смещения (125 мкВ) в широком диапазоне питающих напряжений (до 36 В).

MAX44251/2 — сверхпрецизионный маломощный усилитель с малым дрейфом нуля (рисунк 3). Этот ОУ, разработанный специально для применения в прецизионных измерительных цепях, обладает уникальным набором метрологических характеристик: напряжением смещения порядка 7 мкВ и уровнем шума 5,9 нВ/√Гц во всем рабочем температурном диапазоне. Температурный дрейф нуля составляет 19 нВ, полоса пропускания — 10 МГц. Благодаря низкому уровню шума и хорошим метрологическим характеристикам **MAX44251/2** отлично подходит для работы в составе аналоговой измерительной цепи совместно с 24-разряд-

Таблица 1. Операционные усилители компании MAXIM

Наименование	Напряжение питания, В	Исс/канал, мА	Напряжение смещения, мкВ	Дрейф нуля, мкВ/°С	Уровень шума нВ/√Hz (1 кГц)	Полоса пропускания, МГц
MAX44251/2	2,7...20	1,75	7	0,019	5,9	10
MAX9632	4,5...36	3,9	125	0,5	0,94	55
MAX9945	4,74...38	0,85	8000	2	16,5	3
MAX9617	1,8...5,5	0,059	10	0,12	42	1,5
MAX9613/15	1,8...5,5	0,42	150	7	28 (на 10К)	2,8
MAX44260/1	-0,3...+6	1,2	100	5	12,7 (на 10К)	15

Таблица 2. Пример АЦП компании Maxim

Наименование	Разрешение, бит	Кол-во преобр/с	Кол-во входов	Потребляемая мощность, мВт	Интерфейс
MAX11201	24	120	1 диф	300 мкА	2-WIRE SERIAL
MAX11202/08/12/05	24/20/18/16	120	1 диф	300 мкА	2-WIRE SERIAL
MAX11200/07/11/03	24/20/18/16	480	1 диф	300 мкА	SPI, QSPI™, MICROWIRE™
MAX11210/06/09/13	24/20/18/16	480	1 диф	300 мкА	SPI, QSPI™, MICROWIRE™
MAX11040K/60	24/16	до 64K	4 диф	36 мА, 3,3 В	SPI-/QSPI-/MICROWIRE-/DSP-Compatible 4-Wire Serial Interface
MAX11044/5/6 MAX11054/5/6	16 14	250K	4/6/8	50 мА	16-Bit/14-Bit, High-Speed, Parallel Interface

ным АЦП. Широкий диапазон питания до 20 В делает его идеальным для работы с тензометрическими преобразователями.

MAX9617/18 минимизирует временной и температурный дрейф напряжения смещения. Это ОУ с низким энергопотреблением (<100 мкА) и автоматической коррекцией нуля (zero-drift). Он обладает одним из лучших показателей по уровню шумов среди выпускаемых ОУ данного класса (42 нВ/√Гц) и <420 нВ (р-р) в полосе частот от 0,1 до 10 Гц. Дрейф нуля составляет порядка 120 нВ/°С, напряжение смещения — до 10 мкВ. Другой особенностью данного ОУ является то, что благодаря технологии “zero-drift” он имеет хорошую долговременную и температурную стабильности, а также способен уменьшить влияние труднофильтруемого низкочастотного фликкер-шума. Благодаря диапазону напряжения питания (1,8...5,5 В) и малому потреблению его удобно использовать в измерительной аппаратуре с батарейным питанием.

Для задания коэффициента усиления удобно использовать интегральные делители напряжения **MAX5490/1/2**. Использование интегральной резисторной цепочки серии **MAX549x** (рисунк 4) поможет снизить габаритные размеры и повысить стабильность аналоговой схемы. Прецизионные резистивные делители семейства MAX549x состоят из двух точно согласованных резисторов с тремя классами согласования: 0,035% (класс А), 0,05% (класс В) и 0,1% (класс С). Температурный дрейф коэффициента деления чрезвычайно низок и не превышает 2 ppm/°С.

Аналоговые мультиплексоры

Основное назначение аналоговых мультиплексоров — передача данных от нескольких источников сигнала к одному приемнику. Использование аналогового мультиплексора помогает нарастить количество каналов при использовании одного АЦП. Основными требованиями, предъявляемыми к аналоговым мультиплексорам, являются

Таблица 3. Пример специализированных решений для обработки сигналов с датчиков физических величин

Наименование	Описание
MAX1452	Устройство предварительной обработки сигнала с тензометрического преобразователя
MAX1454	Прецизионная схема предварительной обработки сигнала с тензометрического преобразователя
MAX1464	Многоканальная малошумящая схема предварительной обработки сигналов датчиков с низким энергопотреблением
MAX1402	Преобразователь сигнала резистивного датчика температуры
MAX31855	Преобразователь термпары схемой компенсации температуры холодного спая

минимальное сопротивление канала в открытом состоянии, максимальное сопротивление в закрытом состоянии, быстроедействие, температурный дрейф характеристик, потребляемая мощность, величины коммутируемых напряжений и токов, а также наличие встроенных дополнительных функций.

MAX14778 — это аналоговый мультиплексор с возможностью мультиплексирования сигнала в диапазоне ±25 В, с широким диапазоном питания — от 3 до 5 В, с защитой от статического напряжения ±6 кВ. Отличительной особенностью мультиплексора MAX14778 является то, что, помимо аналоговых сигналов, он может выступать как коммутатор любых интерфейсов, к примеру — в комбинированных ССД.

Для коммутации высоковольтных сигналов Maxim выпускает серию аналоговых мультиплексоров с расширенным диапазоном уровня входного сигнала, например — **MAX14752**, **MAX14753**. Диапазон напряжений входных сигналов до 72 В. Оба мультиплексора работают как при биполярном питании от ±10 до ±36 В, так и при однополярном от 20 до 72 В. Для данных мультиплексоров характерно низкое сопротивление открытого канала (типичное значение 0,03 Ом), мало меняющееся во всем диапазоне напряжений питания.

Устройство выборки/хранения

УВХ предназначено для уменьшения погрешности в выходном сигнале преоб-

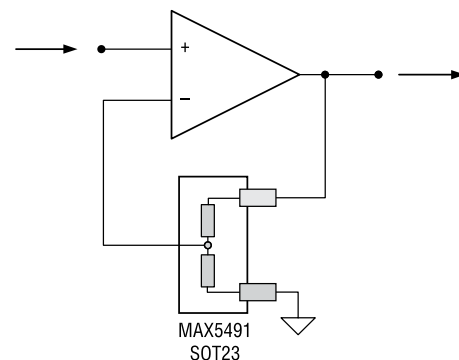


Рис. 4. Применение прецизионной цепочки резисторных делителей MAX5491

разователя, связанной с неопределенностью значения входного сигнала в течение времени преобразования при очень быстром его изменении. УВХ нужны также для многоканальных систем сбора данных, где они обеспечивают хранение выборки для выполнения преобразования по одному каналу, в то время как мультиплексор переключается на другой канал. Использование УВХ позволяет свести к минимуму апертурную погрешность. Основными критериями, предъявляемыми к устройствам выборки/хранения, являются скорость выборки, период удержания сигнала, потребляемая мощность и габаритные размеры.

DS1843 — это высокоскоростное УВХ для работы с сигналами до нескольких ГГц. Время захвата DS1843

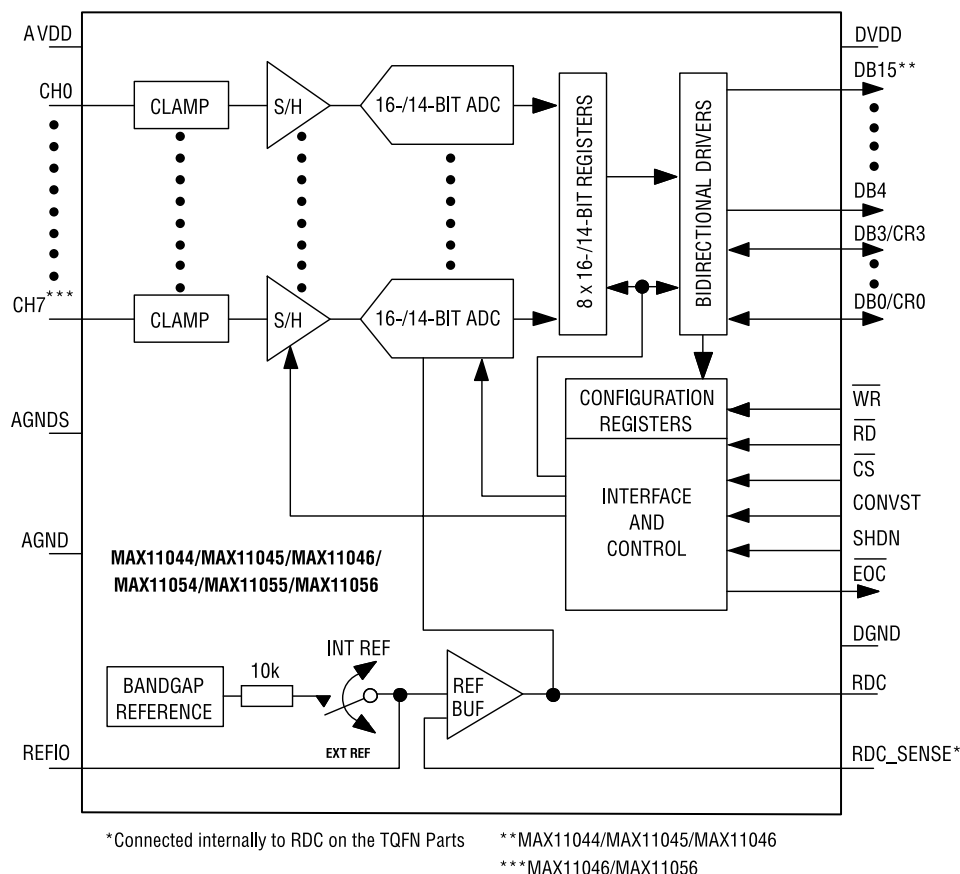


Рис. 5. Структурная схема АЦП семейства MAX11044/5/6 и MAX11054/5/6

составляет менее 300 нс, а время удержания сигнала — более 100 мкс. DS1843 выпускается в миниатюрном корпусе μ DFN (2x2 мм), что поможет сохранить место на плате.

Аналого-цифровые преобразователи

Аналого-цифровой преобразователь является важнейшим компонентом ССД, определяющим метрологические характеристики, а также быстродействие всей системы. Современный АЦП — это сложное устройство, технологией производства которого обладает далеко не каждый производитель электронных компонентов. Основными параметрами АЦП являются метрологические характеристики, быстродействие, функциональная полнота, стоимость, тип внешнего интерфейса, потребляемая мощность, тип корпуса.

Компания Maxim выпускает широкую номенклатуру АЦП (таблица 2), из которой можно выбрать преобразователь для применения практически в любом приложении.

Новое семейство АЦП MAX112xx разработано для применения в низкочастотных прецизионных измерительных устройствах. Это семейство прецизионных АЦП с разрешающей способностью 24, 20, 18, 16 разрядов. Эффективное количество бит доходит до 24 при скорости работы пять преобразований в секунду. Стоит отметить рекордно низкую стоимость АЦП этого семейства.

Оно содержит модели с различным функциональным набором, например, MAX11202 — АЦП без дополнительных периферийных модулей и функций, что позволяет оптимизировать себестоимость системы. Модель MAX11210 уже имеет на борту высокоомные входные буферы, малощумящий программируемый усилитель, встроенный источник тактирования, модуль программируемых портов ввода/вывода. Использование программированного усилителя дает возможность оптимизировать (если это возможно) структуру измерительного тракта, исключив устройство усиления и нормирования сигнала. Встроенный источник тактирования и модуль программируемых портов ввода/вывода позволяют расширить функционал микроконтроллера, задействовав только три сигнала интерфейса для работы с АЦП. Эта функция полезна в случаях, когда требуется реализовать гальваническую развязку между цифровой частью и аналоговым каналом ССД. Развязав всего три линии интерфейса, микроконтроллер, посредством встроенного модуля портов ввода/вывода АЦП, может управлять любыми другими устройствами, находящимися на стороне изолированного канала (мультиплексоры, УВХ, транзисторные ключи и т.д.).

АЦП семейства MAX112xx с одинаковым функциональным набором, но разными разрешающими способностями, полностью совместимы, что

позволяет оптимизировать состав измерительного тракта. Легко повысить метрологические характеристики системы, заменив АЦП с более низкой разрешающей способностью на АЦП с большей, не переделывая при этом печатную плату. Кроме того, это позволяет разработчику легко перейти с младшей модели преобразователя на старшую без временных затрат на освоение. Перечисленные достоинства, а также рекордно низкая потребляемая мощность (до 300 мкА максимум), миниатюрные габаритные размеры (корпуса QSOIP) и низкая стоимость позволяют реализовать ССД с оптимально подобранным и настроенным АЦП в каждом канале для преобразования требуемого сигнала без существенного увеличения себестоимости, потребления и габаритных размеров всей системы. Или повысить универсальность системы сбора данных.

Серии АЦП MAX11040K и MAX11060 разработаны для ССД, работающих в составе систем оценки качества электросетей, устройств релейной защиты, в медицинских системах измерения (ЭКГ) и для любых иных применений, где требуется одновременная обработка сигналов с различных источников. MAX11040K и MAX11060 — это прецизионная серия АЦП с разрешающей способностью 24/16 бит и максимальной скоростью работы до 64 тысяч преобразований в секунду. Основной особенностью данной серии является способность одновременной обработки сигналов, поступающих на преобразователь. Поддержка каскадной схемы включения АЦП позволяет обрабатывать до 32 независимых каналов посредством одной команды. Каждый канал MAX11040K/60 содержит Сигма-Дельта АЦП и цифровой фильтр нижних частот. Функция обнаружения выхода сигнала за диапазон измерений позволяет обнаружить и предпринять действия для защиты цепей измерения. MAX11040K/60 предоставляют возможность программной установки задержки перед началом преобразования каждого канала. Преобразование одного сигнала всеми каналами с разделением по времени позволяет свести к минимуму значение апертурной погрешности при высокой скорости преобразования.

Как и семейство MAX112xx, изделия серии MAX11040K/60 полностью совместимы друг с другом, что позволяет легко взаимозаменять MAX11040K и MAX11060 для достижения оптимальной разрешающей способности.

Наиболее прогрессивным перспективным способом является построение ССД с применением систем на кристалле. Для большинства современных задач существуют готовые решения, выполненные в виде систем на кристалле. Использование таких систем позволяет снизить временные и экономические затраты, а,

следовательно, и себестоимость ССД. Использование систем на кристалле упрощает построение всей ССД по сравнению с построением отдельно взятого тракта обработки аналогового сигнала на отдельных компонентах.

Системы прецизионного нормирования, обработки и преобразования сигналов с датчиков физических величин

Эти устройства позволяют упростить структуру ССД, исключив схемы усиления и нормирования, построенные на операционных и измерительных усилителях (см. таблицу 3). Так, например, **MAX1454** представляет собой прецизионную, надежную, устойчивую к отказам высокоинтегрированную схему предварительной обработки сигнала. В ее состав входят все необходимые аналоговые узлы, обеспечивающие усиление, калибровку и температурную компенсацию входного сигнала и не вносящие при этом шумы квантования. Смещение нуля, установка рабочего диапазона напряжений и калибровка производятся с помощью встроенного 16-битного ЦАП, что обеспечивает легкость замены датчиков. Наличие защиты от перегрузки и переплюсовки по входу в пределах до 45 В, ограничения выходного тока и схемы обнаружения неисправности первичного преобразователя позволяют создать высоконадежное измерительное устройство.

АЦП с функционалом систем сбора данных

АЦП серии **MAX11044/5/6** и **MAX11054/5/6** (рисунок 5) существенно облегчают задачу разработки ССД, так как содержат большую часть функциональных узлов, таких как УВХ, 16- и 14-разрядный АЦП в каждом канале. Наличие в каждом канале УВХ и АЦП позволяет проводить одновременное преобразование всех сигналов. При этом скорость работы достигает 250 тысяч преобразований в секунду на канал. Входы семейства **MAX1104x/5x** являются высокоомными (до 1 ГОм), поддерживают широкий диапазон входного сигнала ± 5 В. Встроенный тактовый генератор и источник опорного напряжения (ИОН) позволяют сократить до минимума количество требуемых внешних компонентов.

Применение АЦП семейства **MAX1104x/5x** позволяет реализовать достаточно универсальную высокоскоростную ССД с минимальными временными затратами. Однако в случае обработки сигналов с разными уровнями диапазонов изменения необходимо проектирование дополнительных блоков предварительной обработки сигналов. Упростить электрическую схему путем исключения схем усиления и нормирования позволяет использование многоканального аналого-цифрового преобразователя **MAX1602**. Это 16 разрядный

Таблица 4. Пример интегральных систем сбора данных

Наименование	Функциональное назначение	Отличительные особенности
MAX1358B	Система сбора данных	Богатый набор периферийных модулей
MAX1407/8/9/14	Система сбора данных	Небольшие габаритные размеры, малое потребление
78M6618	Система на кристалле для счетчиков электроэнергии	Содержит микропроцессорное ядро

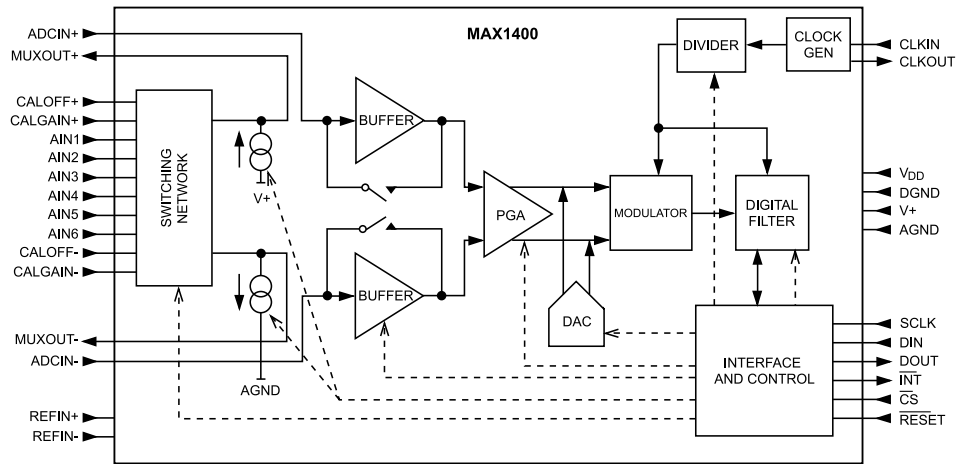


Рис. 6. Структурная схема MAX1400

8-канальный АЦП со скоростью работы до 115 тысяч преобразований в секунду. Отличительной особенностью **MAX1602** является возможность индивидуальной настройки диапазона измерения каждого канала. Благодаря небольшому потреблению в спящем режиме (около 2 мкА) и миниатюрному корпусу TSSOP **MAX1602** отлично подходит для построения малогабаритных переносных ССД с автономным питанием.

На базе **MAX1400/1/2/3** можно построить высокоточную законченную промышленную систему сбора данных с использованием минимального набора внешних компонентов. **MAX1400/1/2/3** по своей структуре представляет систему сбора данных (рисунок 6). Это дельта-сигма АЦП с высокой разрешающей способностью и малым потреблением. **MAX1400** содержит на борту аналоговый мультиплексор, программируемый малошумящий усилитель (PGA), источник тока для детектирования неисправности первичного преобразователя, ЦАП для формирования смещения входного сигнала, цифровой фильтр.

Интегральные системы сбора данных

Самым удобным и надежным решением является использование готовой интегральной системы сбора данных на одном кристалле (см. таблицу 4). Например, **MAX1358B** — это интеллектуальная ССД с богатым набором периферии. Устройство содержит 16 разрядный АЦП, ЦАП, операционные усилители, систему ИОН, часы реального времени, модуль портов ввода/вывода, модуль генератора прерываний. Наличие двух 10-канальных аналоговых мультиплексо-

ров и программируемого усилителя позволяет построить готовую систему сбора данных без использования внешних аналоговых компонентов. Управление всеми периферийными модулями осуществляется посредством интерфейсов SPI™/QSPI™ или MICROWIRE™.

Говоря о готовых системах сбора данных, нельзя не упомянуть о семействе **78M66xx**. Эти системы на кристалле предназначены для измерения потребления по электросетям. Устройства содержат все необходимые периферийные модули для реализации задач такого рода. Стоит отметить то, что если метрологические характеристики и быстродействие данного семейства позволяют, его можно использовать как систему сбора данных на одной микросхеме. **76M6618** содержит 21-битный дельта-сигма АЦП, встроенный ИОН, датчик температуры. Встроенное процессорное ядро 8051 позволяет реализовать сбор и первоначальную обработку непосредственно на одном кристалле.

Заключение

В данной статье приведена лишь небольшая часть компонентов, на которых можно реализовать системы сбора данных. Набор компонентов, выпускаемых для каждого узла, намного больше, и выбирать компонент для реализации того или иного узла необходимо, опираясь на технические требования, предъявляемые к проектируемой системе сбора данных.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Александр Калачев (г. Барнаул)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СБОР ДАННЫХ: СЧЕТЧИКИ, БЕСПРОВОДНОЙ ИНТЕРФЕЙС И КОНТРОЛЛЕР



*Современное решение для учета энергии включает автоматическое считывание и хранение показаний, передачу накопленных или оперативных данных, защиту от несанкционированных действий. Компания Maxim производит все необходимые компоненты для построения систем учета расхода электроэнергии, включая интегральные **беспроводные приемопередатчики** серии **MAX70xx**. Сочетая такой приемопередатчик со специализированным **16-разрядным микроконтроллером MAXQ610**, получаем законченное решение высокой степени интеграции.*

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к переходу на автоматизированные системы учета ресурсов. В этом заинтересованы и потребители, и поставщики ресурсов, а также компании, занимающиеся их распределением. Наиболее часто встречающееся в повседневной жизни проявление данной тенденции — установка индивидуальных счетчиков расхода ресурсов — холодной и горячей воды, электричества, газа, тепла. Это позволяет конечному потребителю оптимизировать собственные коммунальные расходы — не секрет, что платить «по среднему», как это было лет десять назад, сейчас уже невыгодно, и все чаще потребители, помимо привычных счетчиков электроэнергии, устанавливают дополнительно счетчики воды, газа или тепла. Более того, при строительстве новых многоквартирных домов подобные счетчики устанавливаются на отдельные подъезды или дома в целом. В дальнейшем это позволяет управляющим компаниям формировать счета именно по потребленным данным домом ресурсам, получая возможность детально отчитываться перед поставщиками ресурсов (и, соответственно, не платить за потери, произошедшие не по вине потребителя — утечки воды или тепла, потери электроэнергии). В общем, счетчики потребления ресурсов можно разделить на две большие категории — счетчики электроэнергии и расходомеры — рисунок 1 [1].

Интеллектуальные счетчики

Во многих случаях компании, предоставляющие коммунальные ресурсы, устанавливают т.н. интеллектуальные

счетчики, которые обеспечивают более низкие эксплуатационные и капитальные расходы, поддерживают новые услуги и улучшают оперативное управление. В задачи таких счетчиков ставится автоматическое считывание и хранение показаний, передача накопленных или оперативных данных, защита от несанкционированных действий. На основе анализа накопленных данных впоследствии осуществляется формирование тарифных планов, например, с учетом распределения интенсивности потребления ресурсов в течение дня, недели, месяца, сезонных колебаний. Типичная структура интеллектуального счетчика представлена на

рисунке 2 [1-3] (на примере счетчика электроэнергии).

Одной из основных проблем при внедрении интеллектуальных счетчиков энергоресурсов является интеграция отдельных счетчиков в сеть для централизованного сбора данных. Единого решения этой задачи, видимо, не существует. Практически в каждом случае решение подбирается индивидуально. Но можно отметить следующее — для многоквартирных домов возможно построение системы сбора данных учета, использующее существующие каналы связи, например каналы Интернет-провайдеров, телефонные сети, также возможна передача информации по линиям сетевого питания. Для районов индивидуальной застройки одним из возможных решений является использование для сбора данных системы сотовой связи или других беспроводных решений.

В любом из данных вариантов остается проблема сбора и передачи локальных данных, например, данных счетчиков в пределах одной квартиры, лестничной площадки или дома. Одно из решений в этой области — простой

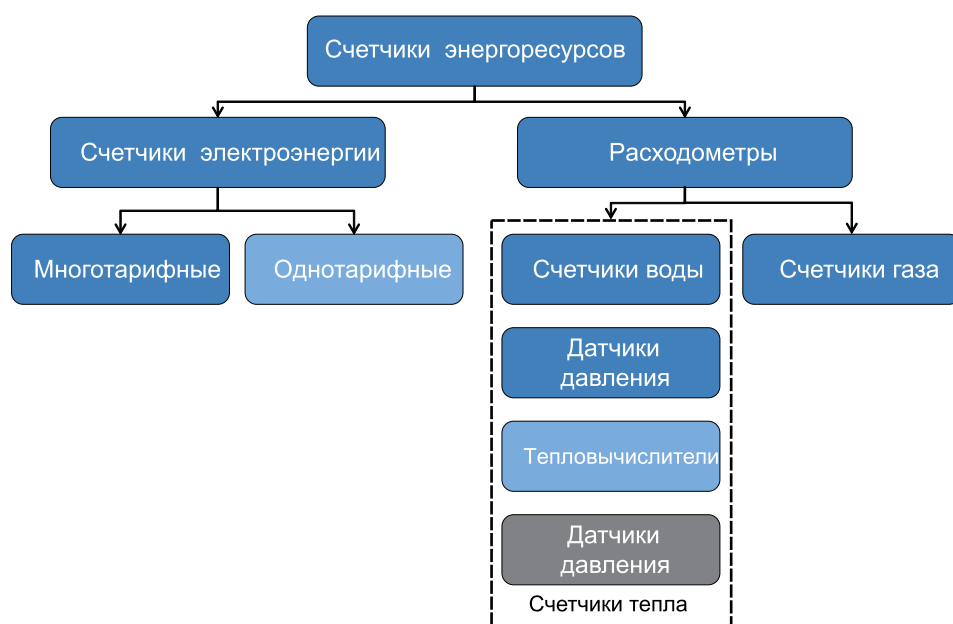


Рис. 1. Примерная классификация счетчиков расхода ресурсов

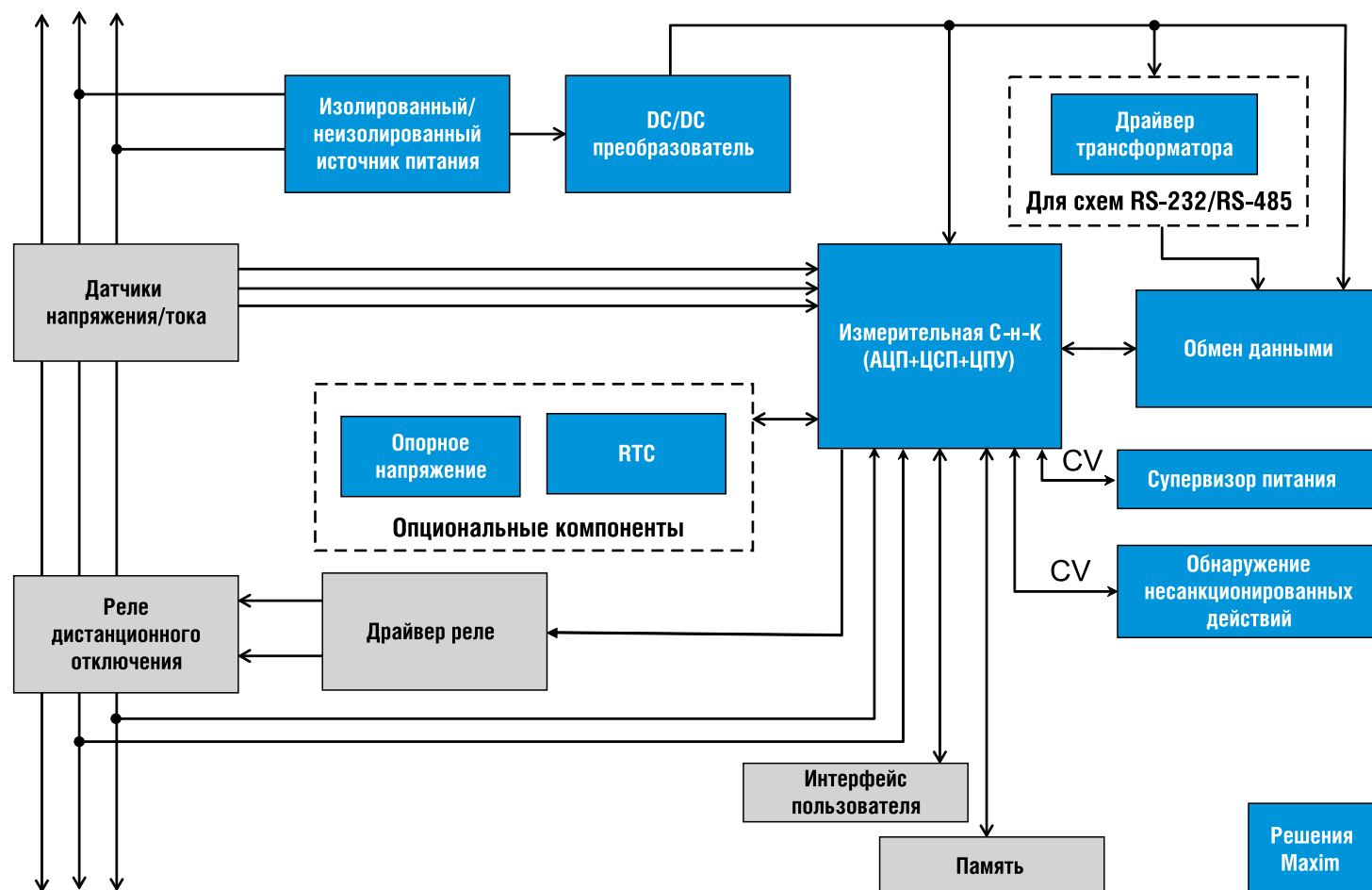


Рис. 2. Примерная классификация счетчиков расхода ресурсов

монитор потребления ресурсов, возможно — с функцией хранения истории, отображающий текущее значение на нескольких счетчиках. Многие из частных потребителей должны к определенной дате сообщить показания своих счетчиков (особенно счетчиков расхода воды или потребления тепла) управляющей компании. В качестве канала передачи данных удобнее выбрать радиоканал, что позволяет не зависеть от расположения датчиков и центрального узла. При этом для нелегализуемых приложений возможна работа в т.н. ISM-диапазоне частот. В нашей стране разрешена свободная работа в диапазонах 433,075...434,750 МГц и 868,7...869,2 МГц, 2,45 ГГц, 5,8 ГГц при условии соблюдения ограничений мощности (до 10 мВт на частоте 434 МГц, до

25 мВт на частоте 868 МГц, до 100 мВт в диапазоне 2,4 ГГц).

Интегральные беспроводные решения Maxim для субгигагерцевой области

На рисунке 2 цветом выделены те элементы интеллектуального счетчика, компоненты для которых предлагаются компанией Maxim — это большинство элементов, за исключением первичных датчиков, силовых реле, средств визуализации и памяти. Не обойден вниманием и беспроводной канал передачи данных. Если рассматривать только микросхемы интегральных приемников, передатчиков и приемопередатчиков, то можно видеть, что предлагаются решения как для лицензируемых диапазонов (сотовая связь, GPS-навигация, телевидение, радио, сети WiMax), так и для

нелицензируемых частот (локальные сети WiFi, сенсорные сети) [4].

Для считывания показаний счетчиков наиболее подходящими являются микросхемы, работающие в нижней части разрешенного диапазона (т.н. субгигагерцевая область).

С учетом законодательных ограничений практический интерес представляют микросхемы серии **MAX70xx**, в число которых входят интегральные приемопередатчики, передатчики и приемники, ориентированные на работу с частотами от 300 до 450 МГц.

Основные микросхемы данных серий с их краткими характеристиками представлены в таблицах 1-3 [5-7].

MAX7031 — экономичный приемопередатчик с частотной модуляцией сигнала, предварительно установленной

Таблица 1. Приемопередатчики Maxim серий MAX703x

Серия	Описание	Частотный диапазон, МГц	Ток потребления, мА	Корпус
MAX7031	Экономичный ЧМ-приемопередатчик с дробным множителем частоты (Fractional-N PLL), для диапазонов 308 МГц, 315 МГц, 433,92 МГц	308...433,92	11,6	TQFN/32
MAX7030	Экономичный приемопередатчик с амплитудной модуляцией для диапазонов 308 МГц, 315 МГц, 433,92 МГц	300...450	прием: <6,7; передача: <12,5	TQFN/32
MAX7032	Экономичный программируемый АМ/ЧМ-приемопередатчик с дробным множителем частоты (Fractional-N PLL)	300...450	прием: <6,7 передача: <12,5	TQFN/32

Таблица 2. Передатчики Maxim для нелицензируемых диапазонов 433,075...434,750 МГц и 868,7...869,2 МГц

Серия	Описание	Частотный диапазон, МГц	Ток потребления, мА	Корпус
MAX7049	Высокопроизводительный программируемый АМ/ЧМ-передатчик	300...450; 779...787; 867...870; 902...928	21...43 (режим передачи при выходной мощности от 10 до 15 дБм)	TQFN/28
MAX7060	АМ/ЧМ-передатчик с программируемой частотой и выходной мощностью	300...450	<12,5 (ЧМ) <8,5 (АМ)	TQFN/24
MAX7057	АМ/ЧМ-передатчик с программируемой частотой и выходной мощностью	300...450	<12,5 (ЧМ) <8,5 (АМ)	SOIC(N)/16
MAX7058	315 МГц/390 МГц двухчастотный АМ-передатчик	300...450	—	TQFN/24
MAX1479	Низкопотребляющий АМ/ЧМ-передатчик с выходной мощностью до 10 дБм	300...450	10,5 (ЧМ) 6,7 (АМ)	TQFN/16
MAX7044	Низкопотребляющий АМ-передатчик с выходной мощностью до 13 дБм	300...450	7,7 мА	SOT/8
MAX1472	Низкопотребляющий АМ-передатчик с выходной мощностью до 10 дБм	300...450	—	SOT/8
MAX2904	Однокристалльный передатчик с модулятором, стабилизатором напряжения, усилителем мощности, управляемым генератором, буферизированным выходом генератора, управляемым ФНЧ	867...870	—	QFN/28, TQFN/28
MAX2903	Однокристалльный 200 мВт передатчик с двухканальным синтезатором, усилителем мощности, управляемым генератором, буферизированным выходом генератора, управляемым ФНЧ	867...870	—	QFN/28, TQFN/28

Таблица 3. Приемники Maxim для нелицензируемых диапазонов 433,075...434,750 МГц и 868,7...869,2 МГц

Серия	Описание	Частотный диапазон, МГц	Ток потребления, мА	Корпус
MAX7036	АМ-приемник со встроенным фильтром промежуточной частоты	300...450	5,5	TQFN/20
MAX7034	315 МГц/434 МГц супергетеродинный АМ-приемник	300...450	6,7	TSSOP/28
MAX1471	Супергетеродинный двухполосный АМ/ЧМ-приемник	300...450	7	QFND 5x5/32, TQFN/32
MAX7033	Супергетеродинный КМОП АМ-приемник со встроенным малошумящим усилителем, АРУ, фильтром, ФАПЧ, усилителем-ограничителем промежуточной частоты, индикатором уровня сигнала, режимом пониженного энергопотребления	300...450	5,2	TQFN/32, TSSOP/28
MAX7042	Низкопотребляющий супергетеродинный ЧМ-приемник 308 МГц/315 МГц /418 МГц /433,92 МГц	300...450	6,2	TQFN/32
MAX1473	Супергетеродинный КМОП АМ-приемник с встроенным малошумящим усилителем, АРУ, фильтром, ФАПЧ, усилителем-ограничителем промежуточной частоты, индикатором уровня сигнала, режимом пониженного энергопотребления	300...450	5,2	TQFN/32, TSSOP/28
MAX1470		250...500; 300...450	5,5	TSSOP/28

частотой (заводские установки), встроенным переключателем приема/передачи и выходной мощностью до 10 дБм (при нагрузке 50 Ом).

MAX7030 — приемопередатчик с амплитудной модуляцией сигнала (ASK/OOK), встроенным переключателем приема/передачи и выходной мощностью до 10 дБм (при нагрузке 50 Ом). Возможна работа с напряжениями питания от 2,1 до 3,6 В или от 4,5 до 5,5 В. Чувствительность приемника -114 дБм, уровень подавления за пределами канала более 45 дБм.

MAX7032 — универсальный АМ/ЧМ-приемопередатчик (ASK/OOK или FSK) с выходной мощностью до 10 дБм, который способен работать при напряжениях питания от 2,1 до 3,6 В или от 4,5 до 5,5 В. Имеет встроенный пере-

ключатель режимов приема/передачи, режимы пониженного энергопотребления, выход индикации уровня принятого сигнала. Программируемая частота приема/передачи, настраиваемое отклонение от центральной частоты (для режима частотной модуляции). Чувствительность по приему -114 дБм/-110 дБм для АМ/ЧМ-режимов соответственно

Для приложений, в которых не требуется двунаправленного обмена данными между узлами, возможна установка на ряде узлов сети приемников или передатчиков. Это несколько снижает цену и энергопотребление конечных устройств. Доступные устройства для ISM-диапазона представлены в таблицах 2 и 3.

MAX7049 работает в диапазоне питающих напряжений от +2,1 до +3,6 В,

токи потребления составляют 21 мА при выходной мощности 10 дБм и порядка 43 мА при 15 дБм. Токи утечки в выключенном состоянии — менее 100 нА, ток потребления в состоянии низкого энергопотребления не превышает 400 нА. Поддерживает режимы амплитудной и частотной модуляции, отвечает требованиям стандартов ETSI EN300-220, FCC Part 15 (перестройка частоты), содержит встроенный датчик температуры.

Передатчики **MAX7057**, **MAX7060** также работают с однополярным питанием в диапазоне от +2,1 до +3,6 В, имеют регулируемую выходную мощность (до 13 дБм) и частоту передачи. Токи потребления в режиме передачи лежат в пределах от 8,5 мА (амплитудная модуляция) до 12,5 мА (частотная модуляция).

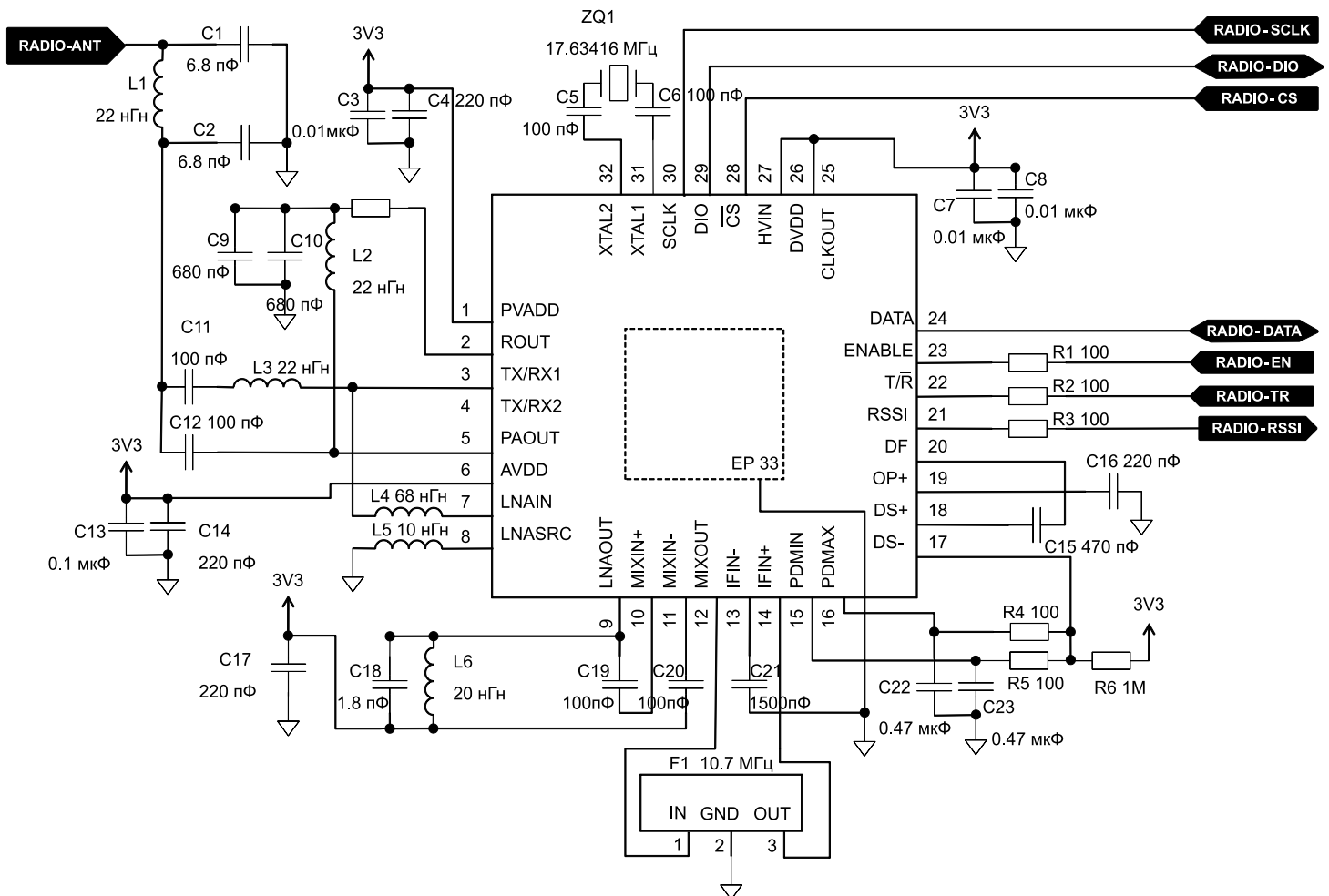


Рис. 3. Схема включения приемопередатчика MAX7032

Передатчики поддерживают скорости передачи до 100 кбит/с (код NRZ).

Двухчастотный **MAX7058** поддерживает передачу данных в режиме амплитудной модуляции и манипуляции (ASK/OOK), а также переключение между частотами передачи 315/390 МГц.

Экономичный **MAX1479** при напряжениях питания 2,1...3,6 В потребляет не более 6,5/10,5 мА (АМ/ЧМ-режимы соответственно) при выходной мощности свыше 10 дБм. Поддерживает режимы амплитудной модуляции (ASK/OOK), совместим со стандартами ETSI, EN300 220.

MAX7044/MAX1472 — экономичные АМ-передатчики с малым током потребления, поддерживающие глубину модуляции до 90 дБм при выходной мощности до 13/10 дБм соответственно.

Серии **MAX2903**, **MAX2904** помимо амплитудной и частотной модуляции (ASK/FSK) поддерживают режимы амплитудной модуляции (OOK) и расширение спектра при помощи двоичной фазовой модуляции (BPSK). Данные серии обеспечивают выходную мощность до 20 дБм при питании 3,0 В и до 23 дБм при напряжении питания 4,5 В.

MAX7034 — приемник с малой зависимостью чувствительности от температуры и уровнем подавления зеркального

канала 44 дБ. Обладает малым временем запуска — менее 250 мкс.

АМ/ЧМ-приемники **MAX1471** способны работать в широком температурном диапазоне от -40 до 125°C при напряжении питания 3,3 или 5 В. Сохраняют работоспособность при понижении питающего напряжения до 2,4 В. Ток потребления в режиме приема 7 мА, в режиме низкого энергопотребления не более 1,1 мкА. Интересным решением являются разнесенные выходы демодулированных АМ- и ЧМ-данных.

При чувствительности порядка -144 дБм приемники серии **MAX7033** работают в температурном диапазоне от -40 до 105°C. Обладают высоким уровнем подавления сигнала вне частотного канала (44 дБм), могут работать как с 3,3, так и с 5 В источниками питания, ток потребления в активном режиме — не более 5,2 мА, в режиме пониженного потребления — менее 3,5 мкА.

MAX7042 обеспечивает прием ЧМ-сигналов с уровнями до -110 дБм при подавлении сигнала вне канала на 45 дБм. Работают при напряжении питания 3,3 и 5 В с током потребления в пределах 6,2 мА (минимальное напряжение питания 2,4 В).

Для сложных условий эксплуатации (большие расстояния, высокий уровень

помех) подойдет серия АМ-приемников **MAX1473**, которая благодаря встроенному АРУ с широким динамическим диапазоном обеспечивает чувствительность приема до -115 дБм. Дополнительно к этому, обеспечивается высокий уровень подавления сигнала вне канала — до 53 дБм.

Как мы видим, большинство из представленных устройств способно напрямую работать от автономных источников питания, таких как солевые батареи, литиевые аккумуляторы, никелевые аккумуляторы, даже при их существенном разряде. Широкий диапазон питающих напряжений позволяет включать беспроводные микросхемы Maxim совместно с управляющим контроллером практически любого типа.

Универсальный приемопередатчик MAX7032

Для задачи организации сети сбора данных со счетчиков вариант с двусторонним обменом данными является более предпочтительным. Причиной этому является необходимость постоянного отслеживания состояния счетчика, оповещение о нештатных ситуациях или несанкционированных действиях, а также обеспечение возможности оперативной настройки счетчика — например, в

случае изменения тарифов, обновления программного обеспечения. Следовательно, в качестве основы для построения канала передачи данных будут выступать приемопередатчики.

Одним из наиболее подходящих решений является универсальный приемопередатчик **MAX7032** [8] диапазона 300...450 МГц. Передатчик работает с амплитудно-модулированными сигналами (режимы ASK/OOK), а также с частотно модулированными сигналами (FSK). Обеспечивает достаточно большую для данного диапазона скорость обмена данными — до 33 кбит/с в манчестерском коде, и до 66 кбит/с в коде без возвращения к нулю — NRZ.

Выходная мощность при работе на 50-омную антенну — до 10 дБм. MAX7032 демонстрирует прекрасную чувствительность в режиме приема — до -114 дБм в режиме амплитудной, и до -110 дБм в режиме частотной модуляции.

MAX7032 имеет отдельные выводы для передаваемых и принимаемых сигналов (PAOUT, LNAIN), встроенный RF-ключ для подключения передающих и принимающих выводов к одной общей антенне.

Частота передачи в MAX7032 генерируется 16-битным синтезатором частот с фазовой синхронизацией (PLL) с дробным коэффициентом умножения частоты (fractional-N). В режиме приема опорная частота генерируется синтезатором с целочисленным коэффициентом умножения. Подобная гибридная архитектура исключает необходимость отдельных внешних резонаторов для приема и передачи сигналов. Так, PLL с дробным умножением позволяет установить частоту передачи в пределах 2 кГц от частоты приема (минимальный шаг настройки частоты передачи — $f_{XTAL}/4096$). Применение PLL с целым коэффициентом умножения на приеме позволяет снизить ток потребления в данном режиме (рабочий ток дробного PLL несколько выше). Таким образом благодаря сокращению числа внешних компонентов снижается стоимость конечного изделия и минимизируется ток потребления при приеме, что продлевает время автономной работы устройства.

Кроме того, архитектура дробного PLL позволяет настроить девиацию частоты в режиме частотной модуляции, что полностью исключает проблему затягивания частоты генератора. Все компоненты, необходимые для генерации частот, интегрированы на кристалле, для подключения MAX7032 требуется всего несколько внешних компонентов, среди которых кварцевый резонатор, фильтр промежуточной частоты на 10,7 МГц, некоторое количество дискретных элементов (рисунок 3) [9].

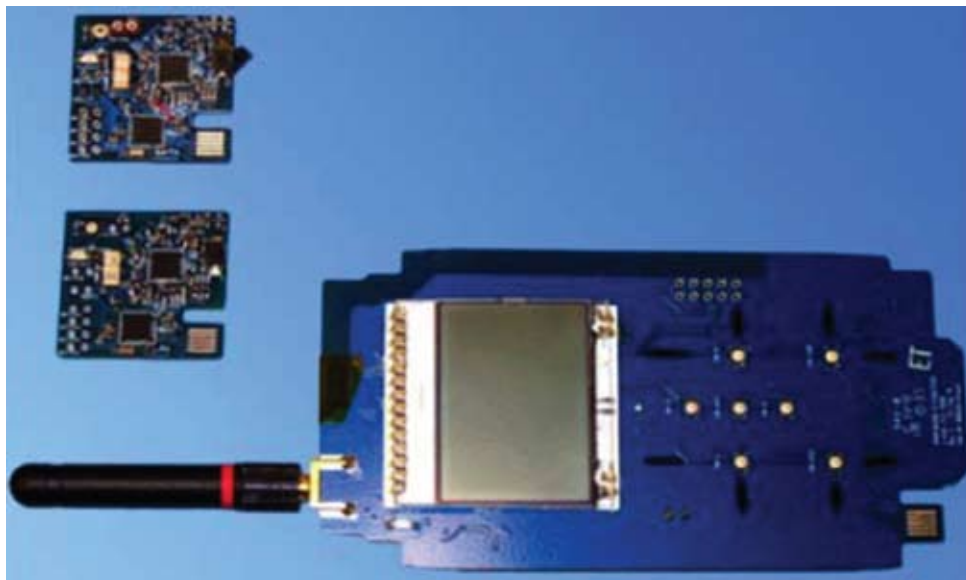


Рис. 4. Демонстрационный набор LFRD002

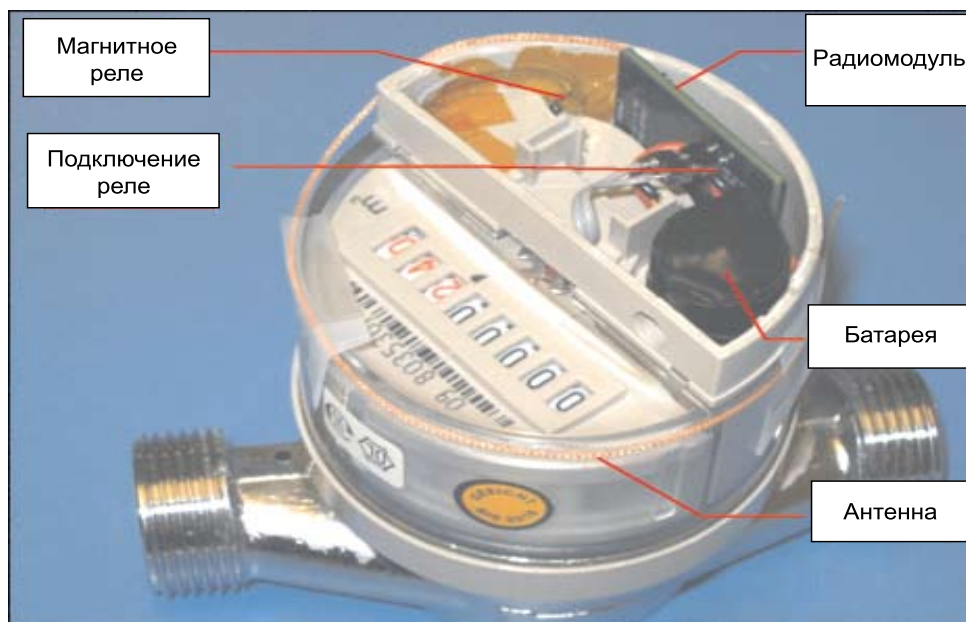


Рис. 5. Плата MRT в составе счетчика расхода воды

Приемопередатчик может работать как с внешней, так и с печатной антенной (в последнем случае эффективность работы будет несколько ниже).

Управляющим интерфейсом выступает SPI, используемый для настройки приемопередатчика, линии DATA, EN, TR, RSSI отображают его состояние, управляют направлением передачи данных, а также служат для их приема-передачи. В качестве управляющего контроллера может быть использован практически любой контроллер семейства **MAXQ**.

Основа автоматического счетчика с беспроводной передачей данных — MAX7032+MAXQ610

Прекрасной базой для собственных разработок является пример автоматической системы считывания показаний

на базе демонстрационного набора **LFRD002** [9-10, 12,13]. В связке с MAX7032 в данном наборе задействован 16-разрядный низкопотребляющий контроллер **MAXQ610**.

MAXQ610 [11] содержит 16-разрядное RISC-ядро, два интегрированных последовательных порта USART, SPI, модуль ИК-интерфейса, а также набор линий ввода-вывода. 64 кбайт флеш-памяти и 2 кбайт оперативной памяти вполне достаточно и для прикладной программы, и для реализации достаточно сложного стека протоколов. Потребление контроллера в режиме останова составляет всего 0,2 мкА.

LFRD002 может быть с успехом использован для демонстрации возможностей как приемопередатчика MAX7032, так и контроллера MAXQ610. В набор входят три платы: две с контроллером

и приемопередатчиком (MTR) — для работы со счетчиками (измерительные узлы), и одна плата, в которой к приемопередатчику и контроллеру добавлен ЖК-дисплей и клавиатура — управляющий узел (RDR). Размеры плат MTR всего 3х3 см, плата RDR несколько больше — 11,5х6,1 см (см. рисунок 4).

Контроллеры плат доступны для программирования посредством JTAG-интерфейса. Изначально в контроллеры зашито демонстрационное приложение, иллюстрирующее подключение/отключение измерительных узлов к управляющему, а также прием-передачу данных от них.

Помимо перечисленного, разработчикам также доступны Gerber-файлы плат, электрические принципиальные схемы, списки комплектующих и исходные тексты программ [9-13].

Как показано в документе [13], платы из набора LFRD002 вполне успешно могут быть использованы и в качестве самостоятельных узлов в составе счетчиков (рисунок 5).

Контроллер MAXQ610 может быть настроен для работы с датчиками практически любых типов.

Заключение

На основе компонентов компании Maxim возможно создание экономичного, но достаточно эффективного решения для индивидуальных систем учета расхода ресурсов. Работа в диапазоне

433 МГц снимает ряд проблем, связанных с распространением радиосигнала — сигналы данного диапазона менее чувствительны к наличию препятствий, характерных для помещений (перегородки, мебель, офисная техника и т.п.), что позволяет работать при меньших мощностях сигнала, а также — снизить требования к протоколам передачи данных. Maxim предоставляет практически все необходимые компоненты для создания интеллектуальных счетчиков расхода ресурсов с беспроводным интерфейсом.

Литература

1. Компоненты для счетчиков ресурсов // <http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2012/02/Komponentyi-dlya-schetchikov-resursov-sayt.pdf>
2. Интеллектуальные счетчики // http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2011/03/smart-meter_ru.pdf
3. Мониторинг электрической сети // http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2011/03/power-grid-monitoring_ru.pdf
4. Integrated RF Transceivers, Receivers, and Transmitters // <http://www.maximintegrated.com/products/wireless/integrated-rf/>
5. ISM Transceivers // http://para.maximintegrated.com/en/search.mvp?fam=ism_tcr&tree=wireless

6. ISM Transmitters // http://para.maximintegrated.com/en/search.mvp?fam=ism_tx&tree=wireless
7. ISM Receivers // http://para.maximintegrated.com/en/search.mvp?fam=ism_rcr&tree=wireless
8. Low-Cost, Crystal-Based, Programmable, ASK/FSK Transceiver with Fractional-N PLL // <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/4755>
9. LF19_EVKIT // <http://www.maximintegrated.com/images/appnotes/5404/5404Schematics.pdf>
10. LFRD002: Wireless Automatic Meter Reading Reference Design // <http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/5391>
11. MAXQ610 — 16-Bit Microcontroller with Infrared Module //
12. LFRD004: 2-Way Remote Control Reference Design // <http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/5406>
13. LFRD003: Water Meter Automatic Meter Reading (AMR) Reference // <http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/5404>

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: analog.vesti@compel.ru



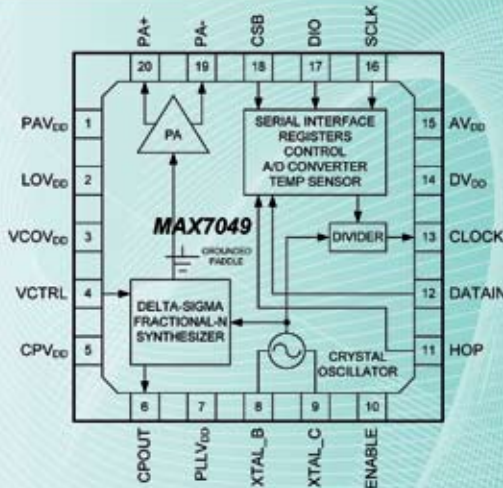
ASK/FSK-приемопередатчик с низким потреблением

Характеристики:

- Диапазон частот 288...945 МГц
- Низкое энергопотребление
 - в выключенном состоянии до 50 нА
 - в режиме ожидания до 350 нА
- Быстрый синтезатор частоты с дробным множителем (управляется пользователем)
- Программирование по интерфейсу SPI
- Встроенный термодатчик
- Компактный корпус 5х5 мм

Области применения:

- Системы считывания данных
- Домашняя автоматизация
- Дистанционное управление
- Беспроводные датчики
- Радиочастотная идентификация



MAX7049



Москва
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2328
Соколов Андрей
E-mail: a.sokolov@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404, доб. 4231
Романов Олег
E-mail: Romanov.spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

Роман Иванов (г. Санкт-Петербург)

ПОСТРОЕНИЕ ЗАЩИЩЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ НА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ MAXIM INTEGRATED



*Нужен защищенный промышленный интерфейс? Крупнейший мировой специалист в этом вопросе — компания **Maxim**. Самый известный полностью интегрированный изолированный интерфейс **MAX1480**; приемопередатчики с емкостной изоляцией цифрового сигнала, ЕМІ-защитой и трехвольтовым питанием **MAX3535E** и **MXL1535E**; трансиверы с улучшенной защитой от аварийных ситуаций **MAX13442E/43E/44E** и многое другое — к вашим услугам.*

Промышленные интерфейсы служат для построения сетей обмена информацией между различными устройствами в составе автоматизированной системы управления — промышленными контроллерами, датчиками и исполнительными устройствами.

К промышленным сетям предъявляются наиболее жесткие требования по надежности и условиям эксплуатации. Эти сети должны работать в широком температурном диапазоне (обычно от -40 до 55°C), обладать устойчивостью к воздействию различного рода помех и иметь повышенную надежность при передаче данных. Кроме этого, переда-

ча данных должна осуществляться на значительное расстояние — до нескольких километров. Промышленные интерфейсы обеспечивают гальваническую развязку между соединяемыми устройствами. Наиболее распространены в промышленной автоматизации такие интерфейсы как: RS-485/RS-422, Ethernet и CAN.

В данной статье мы остановимся на реализации RS-485/RS-422 на элементной базе компании Maxim Integrated Products. Maxim является общепризнанным лидером в производстве интегральных схем для работы с аналоговыми и цифровыми сигналами и предоставляет разработчику выбор из более чем 150

наименований передатчиков RS-485/RS-422. Выбирая продукцию Maxim для своего изделия, разработчик может быть уверен, что получит качественный продукт по конкурентной цене.

MAX1480

Начнем обзор с микросхемы MAX1480 изолированного интерфейса RS-485/RS-422.

Трансивер MAX1480 (рисунок 1) является, пожалуй, самым известным. Он выпускается довольно давно и за это время получил самое широкое применение в промышленных сетях.

Микрохема MAX1480 представляет собой завершённое решение, объединяющее в одном корпусе приемопередатчик, оптроны и трансформатор. Использование встроенного DC/DC-преобразователя, собранного на трансформаторе, обеспечивает гальваническую развязку по питанию, а оптронная развязка служит для изоляции информационных сигналов.

MAX1480 обеспечивает полудуплексный обмен данными. У приемопередат-

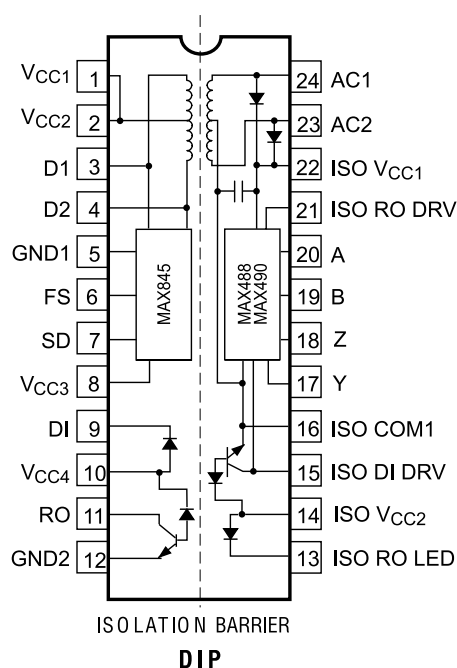


Рис. 1. MAX1480 (вид сверху)

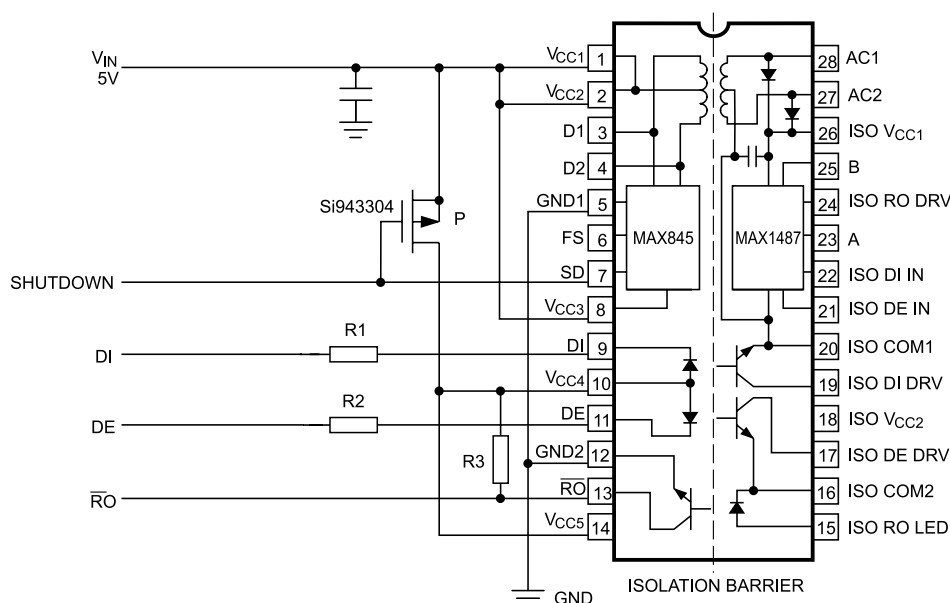


Рис. 2. Включение MAX1480 в режиме пониженного энергопотребления

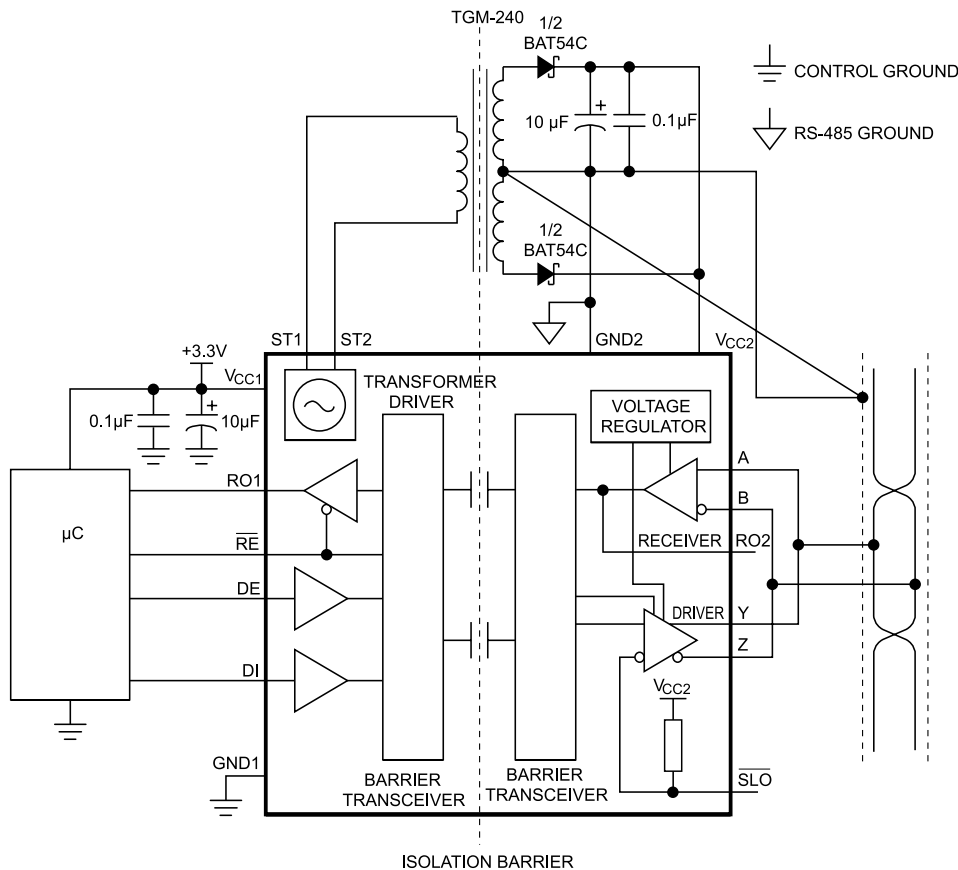


Рис. 3. Типичная схема включения MAX3535E

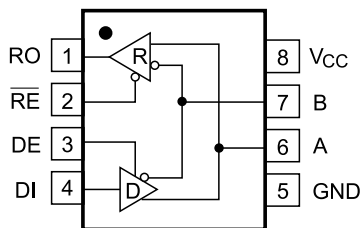


Рис. 4. MAX13442E/MAX13443E/MAX13444 (вид сверху)

чиков с маркировкой «А» (MAX1480А) скорость нарастания напряжения не ограничена, что позволяет им работать на скоростях до 2,5 Мбит/с. Микросхемы с маркировкой «В» и «С» имеют ограничения по нарастанию выходного напряжения, что позволяет снизить уровень электромагнитных помех (EMI). Кроме этого, более низкие скорости нарастания также помогают противостоять отражениям, вызванным быстрыми переходными процессами, большими скоростями передачи или длинными линиями связи. Благодаря таким мерам обеспечивается безошибочная передача данных на скоростях до 250 кбит/с.

Микросхемы имеют встроенную защиту от короткого замыкания и функцию отключения при достижении высокой температуры. Напряжение питания 5 В. Потребление MAX1480А в активном режиме составляет порядка 60 мА, у MAX1480В и MAX1480С потребление несколько ниже — 35 мА.

Приемопередатчики MAX1480 имеют режим пониженного энергопотребления. Управление происходит через ножку SD, отключающую драйвер питания MAX845, который формирует питание на изолированной стороне. Однако со стороны подключения контроллера через ножки DI и DE продолжает потребляться ток через оптопары, если на эти выводы поступает сигнал низкого уровня, в связи с чем рекомендуется оставлять эти сигналы на высоком уровне. Кроме этого, присутствует еще потребление через вывод VCC5. Поэтому, для полного отключения устройства лучше использовать внешний МОП-транзистор. Схема включения приведена на рисунке 2. В нормальном режиме работы сигнал SD находится на низком уровне, открывая транзистор и обеспечивая тем самым подачу питания контакта VCC. Когда сигнал SD подтянут вверх, генератор MAX485 отключается и происходит обесточивание оптопар. В этих условиях ток потребления снижается до 0,2 мкА.

MAX1480 выпускается в 28-контактных DIP-корпусах и работает в температурном диапазоне от -40°C до 85°C.

Приемопередатчики MAX1480 имеют исполнение с защитой от электростатического разряда до ± 15 кВ, которая предохраняет внутренние цепи микросхемы от протекания импульса тока, который может привести к частичному или полному их повреждению. В этих

микросхемах добавлена дополнительная буква «Е» в маркировку: MAX1480EA/MAX1480ES. Защиту имеют все контакты приемопередатчиков. ESD (Electrostatic Discharge) -структуры способны выдерживать высокое напряжение во всех режимах работы микросхемы: нормальном, пониженного энергопотребления и выключенном.

MAX3535E и MXL1535E

Приемопередатчики MAX3535E и MXL1535E являются представителями следующего поколения микросхем для работы по интерфейсу RS-485/RS-422 и имеют целый ряд существенных отличий.

Эти микросхемы имеют емкостную изоляцию передаваемых/принимаемых цифровых сигналов данных, обладающую высокой энергетической эффективностью и устойчивостью к внешним магнитным полям. Для изоляции по питанию необходимо использовать внешний трансформатор. Также стоит отметить, что MAX3535E может питаться напряжением от 3 В, что довольно удобно при использовании в схемах с питанием 3,3 В. Используемые высоковольтные развязывающие емкости выдерживают напряжение до 2500 В, а защита от электростатического разряда — до ± 15 кВ.

Входной импеданс данных трансиверов составляет 1/8 единицы нагрузки, что позволяет параллельно подключать к шине до 256 приемопередатчиков.

Приемопередатчики имеют схему ограничения нарастания выходного напряжения для снижения уровня электромагнитных помех и уменьшения отражений. Управление схемой происходит через вывод SLO путем ее подтягивания к питанию или земле. При работе на скоростях до 400 кбит/с вывод SLO подтягивают к земле, обеспечивая более медленную работу блока ограничения нарастания выходного напряжения. При работе на скоростях от 400 кбит/с вывод SLO подтягивают к питанию, или оставляют неподключенным, поскольку есть внутренняя подтяжка, что ускоряет работу.

Для увеличения устойчивости приема данных в этих микросхемах смещены пороги распознавания сигнала: -50 и -200 мВ вместо стандартных порогов ± 200 мВ. Это значит, что при разности напряжений между входами «А» и «В» более -50 мВ на выходе приемника RO будет логическая единица, а при разности напряжений менее -200 мВ — логический ноль. Благодаря этому в разомкнутой и пассивной линии при разности потенциалов, близкой к нулю, приемник выдаст логическую единицу. Также следует отметить наличие в микросхемах двух выходов приемника: выход RO1 находится со стороны подключе-

ния микроконтроллера и разрешается сигналом RE, выход RO2 находится с изолированной стороны и всегда разрешен.

С целью защиты выходного драйвера в микросхемах встроены два механизма защиты. Первый механизм ограничивает ток на выходе, обеспечивая защиту от короткого замыкания во всем диапазоне напряжений. Второй механизм переводит выходы в высокоимпедансное состояние, если температура кристалла превышает 150°C.

MAX3535E и MXL1535E выпускаются в 28-контактных SOIC-корпусах и работают в температурном диапазоне от -40°C до 85°C.

Типичная схема включения MAX3535E/MXL1535E представлена на рисунке 3. Единственным моментом, на который здесь следует обратить внимание, является использование внешнего развязывающего трансформатора. Он подключается к выводам ST1 и ST2. Это выходы интегрированного в микросхему мостового каскада для подключения первичной обмотки трансформатора, работающего на частоте преобразования до 420 кГц.

При выборе трансформатора необходимо учитывать потокоцепление ET. ET вычисляется по формуле $ET = V_{max} / (2 \times F_{min})$, где V_{max} — максимальное напряжение питания, F_{min} — минимальная частота при этом напряжении. При питании +5 В (максимум берем +5,5 В) и 290 кГц получаем ET равное 9,5 В*мс. При питании +3,3 В (максимум берем +3,6 В) и 290 кГц получаем ET равное 6,2 В*мс.

Также следует не забывать о необходимых коэффициентах трансформации, которые зависят от напряжения питания. При напряжении питания 5 В коэффициенты трансформации между первичной и вторичными обмотками соотносятся как 1:1:1, то есть все обмотки имеют одинаковое количество витков. При напряжении питания 3,3 В коэффициенты трансформации необходимо увеличить до 1:1,3:1,3.

В помощь разработчику компания Maxim приводит в описании на микросхему рекомендуемые импульсные трансформаторы. Большинство этих трансформаторов легко доступны для приобретения.

На микросхему MAX3535E выпускается демонстрационная плата MAX3535EEVKIT. Плата содержит собственно микросхему и развязывающий трансформатор. Ее без особого труда можно установить в свое изделие и опробовать.

MAX13442E/43E/44E

Трансиверы MAX13442E/MAX13443E/MAX13444E (рисунок 4) отличаются от ранее рассмотренных

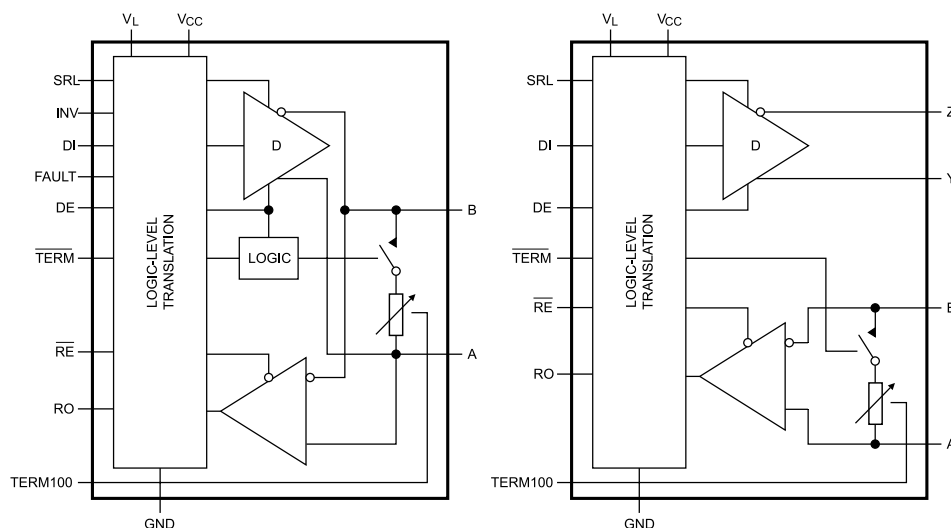


Рис. 5. MAX13451E/ MAX13450E

улучшенной защитой от аварийных ситуаций.

Микросхемы MAX13442E/MAX13444E являются приемопередатчиками RS-485 и работают на скоростях до 250 кбит/с. Для уменьшения уровня электромагнитных помех и отражений имеется модуль ограничения скорости нарастания/спада выходного сигнала передатчика. Приемопередатчик MAX13443E может работать на скоростях до 10 Мбит.

Входной импеданс данных трансиверов составляет 1/4 единицы нагрузки, что позволяет параллельно подключить к шине до 128 приемопередатчиков. Напряжение питания 5 В. Защита от электростатического разряда: ± 15 кВ.

При работе в промышленных сетях входы/выходы приемопередатчика RS-485 довольно часто испытывают повышенное напряжение, вызванное короткими замыканиями сигнальных и питающих проводов, которые превышают диапазон от -7 до 12 В, оговоренный в стандарте EIA/TIA-485.

В этих случаях при использовании обычных микросхем устройств RS-485 требуется применение дорогостоящих внешних устройств защиты. Для того, чтобы уменьшить сложность системы и устранить эту необходимость, входы/выходы приемопередатчиков MAX13442E/MAX13444E имеют встроенную схему защиты от перенапряжений до ± 80 В, (MAX13443E — до ± 60 В) по отношению к земле без повреждений. Защита обеспечивается независимо от того, активна микросхема или нет.

Существенным отличием от ранее рассмотренных микросхем является поддержка режима «горячей замены». Появление этого режима обусловлено тем, что в момент, когда на микроконтроллер с подключенным приемопередатчиком RS-485 подается питание, контроллер находится в состоянии инициализации, и его выходы находятся в

состоянии с высоким выходным сопротивлением и не управляют входами приемопередатчика RE и DE. Но, тем не менее, токи утечки и паразитные емкости на печатной плате способны перевести управляющие входы приемопередатчика в некоторое активное состояние, что приведет к ошибочному включению микросхемы. Такое самопроизвольное включение порождает различного рода помехи на шине, которые могут привести к ошибкам передачи данных. Встроенная схема «горячей замены» как раз и предотвращает подобные явления.

Выход приемника микросхем находится в состоянии высокого логического уровня, когда входы приемника замкнуты, не подключены или когда шина находится в состоянии «idle». Это достигается за счет смещения входного дифференциального порогового напряжения приемника в диапазон от -50 мВ до -200 мВ, что вполне соответствует порогу ± 200 мВ стандарта EIA/TIA-485. Эту особенность в литературе часто обозначают как «True Fail-Safe».

В микросхемах реализовано два механизма защиты выходов передатчика: по максимальному выходному току и по рассеиваемой мощности, которые должны их защитить при нештатных состояниях на шинах или замыканиях выходов. Схема защиты от перегрева срабатывает при температуре кристалла более 160°C и переводит выходы передатчика в высокоимпедансное состояние. Нормальная работа возобновляется, когда температура уменьшается до 140°C.

MAX13442E, MAX13443E и MAX13444E выпускаются в 8-контактных SOIC корпусах и работают в температурном диапазоне от -40 до 125°C.

MAX13450E/51E

В завершение обзора приемопередатчиков RS-485/RS422 рассмотрим сравнительно новые микросхемы

Таблица 1. Приемопередатчики RS-485/RS422

Наименование	Tx/Rx	Режим работы	Напр. питания, В	Ток потребления, мА	Скорость передачи, Мбит/с	Микросхем на шине
MAX1480A	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	60	2,5	128
MAX1480B	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	35	0,25	128
MAX1480C	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	35	0,25	128
MAX3535E	1Tx+1Rx	дуплекс	3,3/5	16	1	256
MXL1535E	1Tx+1Rx	дуплекс	5	16	1	256
MAX13442E	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	16	0,25	128
MAX13443E	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	5	10	128
MAX13444E	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	10	0,25	128
MAX13450E	1Tx+1Rx	дуплекс	5	6	20	256
MAX13451E	1Tx+1Rx	полудуплекс	5	6	20	256

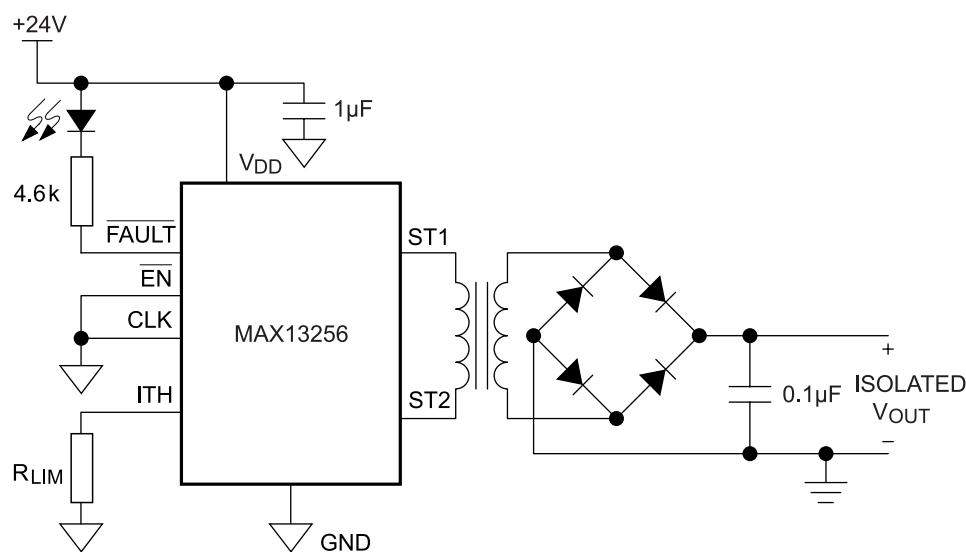


Рис. 6. Типичная схема включения MAX13256

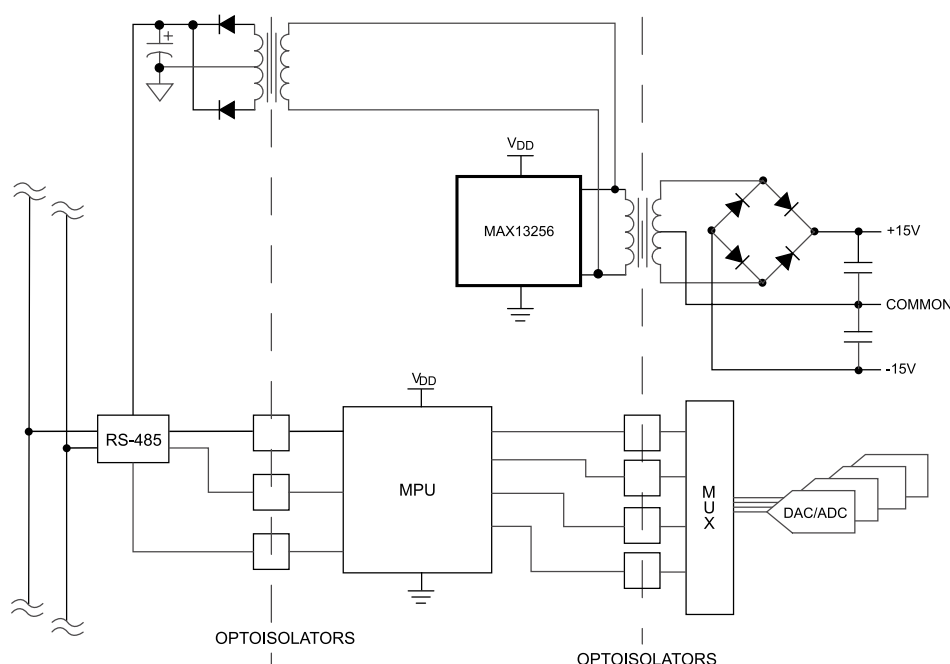


Рис. 7. Пример использования MAX13256

MAX13450E/MAX13451E (рисунк 5). MAX13450 обеспечивает дуплексный, а MAX13451E полудуплексный обмен данными на скоростях до 20 Мбит/с.

Основной отличительной чертой данных трансиверов является наличие встроенных терминальных резисторов номиналом 100 и 120 Ом. Интегрированные резисторы можно подключать программно с управляющего микроконтроллера или вручную с использованием переключателей. Управление осуществляется через две ножки микросхемы: пином TERM производится включение/отключение резисторов, а пином TERM100 задается номинал резистора.

Данная функция существенно упрощает настройку канала RS-485, так как довольно тяжело предсказать, какое именно устройство будет крайним в данной конкретной реализации топологии сети. Поэтому на всех устройствах устанавливаются терминальные резисторы, которые потом отключаются либо подключаются через переключки. Использование драйверов MAX13450E/51E позволяет решить эту проблему.

Кроме того, поскольку номинал терминального резистора задается с учетом скорости передачи, длины линии и сопротивления витой пары, заранее выбрать резистор практически невозможно. Но и эту проблему решают драйверы MAX13450E/51E, где заложены два варианта номиналов — 100 и 120 Ом.

Для минимизации уровня электромагнитных помех и отражений присутствует встроенная схема ограничения скорости нарастания/спада выходного сигнала передатчика на скорости до 500 кбит/с. Управление осуществляется через ножку SRL.

Входной импеданс составляет 1/8 единицы нагрузки, что позволяет параллельно подключать к шине до 256 приемопередатчиков. Напряжение питания 5 В. Защита от электростатического разряда ±30 кВ. Обе микросхемы включают низковольтный логический интерфейс

1,8 В, для работы с которым не требуются дополнительные компоненты.

MAX13451E имеет функцию инверсии. Инверсия позволяет логически инвертировать сигналы А-В, если вдруг окажется, что подключения линий А и В перепутаны.

Также MAX13451E имеет индикатор тревоги FAULT, который выставляется при возникновении ошибки на шине или перегреве микросхемы свыше 150°C.

MAX13450E, MAX13451E выпускаются в 14-контактных корпусах TSSOP и работают в температурном диапазоне от -40 до 125°C.

В таблице 1 представлена обобщенная информация по рассмотренным приемопередатчикам RS-485/RS422.

MAX13256

Микросхема MAX13256 представляет собой мостовой драйвер трансформатора для построения изолированных источников питания мощностью до 10 Вт. Применение таких драйверов весьма востребовано при построении промышленных сетей для питания изолированной части системы: они предотвращают воздействие высокого напряжения, которое может повредить основную схему.

Изолированные источники часто строятся на базе трансформатора и набора целого ряда дискретных компонентов, которые увеличивают габариты и стоимость конечного изделия. Драйвер MAX13256 осуществляет полное управление трансформатором и существенно упрощает построение такого источника.

MAX13256 обладает весьма высокой эффективностью — КПД достигает 90%, что сокращает рассеиваемую тепловую мощность, уменьшая нагрев окружающих элементов схемы, и повышает общую энергоэффективность. Кроме этого, при необходимости микросхема может работать в режиме пониженного энергопотребления, что позволяет снизить общий ток потребления до 0,65 мА. MAX13256 выпускаются в небольшом 10-выводном корпусе TDFN (3x3 мм) и работают в расширенном температурном диапазоне от -40 до 125°C.

Типичная схема включения MAX13256 представлена на рисунке 6. Драйвер осуществляет токовое управление первичной обмоткой трансформатора, ток поступает от источника постоянного напряжения. Диапазон входного напряжения — от 8 до 36 В (на рисунке 24 В). Изменяя коэффициент трансформации, можно добиться практически любого напряжения на выходе.

Частота преобразования задается внутренним или внешним генератором. Подключение ножки CLK задает выбор источника тактирования. При подключении CLK к земле автоматически выбирается внутренний источник. Внутренний генератор работает на частоте 425 кГц. Если подключить CLK к внешнему источнику, то частота преобразования будет определяться этим источником.

Для предотвращения перегрузки по току выходов ST1/ST2 используется резистор Rlim, подключенный к ножке ITH. Когда ток достигает предела и превышает его дольше 1,2 мс, драйвер отключается, и ножка FAULT переводится в состояние логического нуля. Через 38,4 мс драйвер снова включается и проверяет протекающий ток. Для корректного задания отсечки рекомендуется использовать резисторы с погрешностью не менее 1%. Также рекомендуется устанавливать порог тока с двукратным запасом: например, если ожидается рабочий ток 100 мА, то лучше установить отсечку на 200 мА.

Микросхема имеет также защиту от перегрева. При превышении температурой порога 160°C происходит ее отключение, пока температура не упадет до 150°C. Отключение также сопровождается переводом ножки FAULT в состояние логического нуля.

На рисунке 7 представлен один из вариантов использования MAX13256 при построении изолированной системы сбора и передачи данных от датчиков. Основой системы является микро-

контроллер (MCU), который собирает информацию с изолированных АЦП (ADC) и выдает некую управляющую информацию на ЦАП (DAC). Собрав информацию с датчиков, контроллер отправляет данные по изолированному интерфейсу RS485 и по нему же получает управляющие команды. Драйвер MAX13256 используется для подачи изолированного питания на ADC/DAC и интерфейс RS485. Отметим, что для организации двух изолированных систем питания достаточно всего одной микросхемы.

Заключение

Компания Maxim имеет в своем арсенале огромный набор приемопередатчиков RS-485/RS-422 и микросхем обвязки для построения промышленных сетей, и может удовлетворить практически любые требования разработчиков. Имея в своем распоряжении такую элементную базу, можно создать как самое простое и недорогое решение, так и сложный многофункциональный комплекс с уникальными возможностями.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: analog.vesti@compel.ru



**maxim
integrated™**

**ДРАЙВЕРЫ
трансформаторов**

**Для построения
изолированных
источников питания
интеллектуальных
счетчиков**

Наименование	Диапазон напряжения питания, В	Выходная мощность, Вт	Топология	Интегрированная защита
MAX13256	8...36	10	Полномостовой	Есть
MAX256	3...5,5	3	Полномостовой	Есть
MAX253	2,5...6	1,5	Полумостовой	Нет
MAX845	2,5...6	0,75	Полумостовой	Нет

Москва
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2328
Соколов Андрей
E-mail: a.sokolov@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404, доб. 4231
Романов Олег
E-mail: Romanov.spb@compel.ru



Компэл
www.compel.ru

Александр Калачев (г. Барнаул)

«СВЕТО-ЦВЕТО-ТЕМПЕРАТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВКЛЮЧЕНА!» – СЕМЕЙСТВО ДАТЧИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ MAX4400X



Интегральные оптические датчики семейства MAX4400x компании Maxim – это сочетание компактных размеров, низкого потребления энергии и высокой функциональности. Топовые модели этой линейки сочетают датчик уровня освещенности, цветковые датчики RGB, инфракрасный датчик приближения и датчик температуры.

Оптическое излучение широко используется в современной технике. В некоторых случаях его поток подлежит измерению (наличие/отсутствие, выход за пороговые уровни, уровень излучения). Для этой цели используются датчики уровня освещенности, RGB-датчики. В других случаях оптическое излучение используется для вспомогательных целей. Пример – датчики ИК излучения, датчики приближения.

В большинстве приложений, особенно встраиваемых, от датчиков требуются, с одной стороны, компактные размеры, с другой – наличие предварительной обработки сигнала от чувствительного элемента. Не всегда вычислительных возможностей контроллера и возможностей его АЦП достаточно для эффективной работы с оптическим датчиком. В этом случае желательно нали-

чие на одном кристалле с таким датчиком цепей усиления сигнала, а также наличие собственного встроенного АЦП и интерфейса управления. Все эти возможности реализованы в датчиках оптического излучения серии MAX4400x компании Maxim.

В семейство MAX4400x входят цифровые оптические датчики с интерфейсом управления/передачи данных I2C (таблица 1) [1]. Выпускаются в компактных корпусах поверхностного монтажа OTDFN (UTDFN-Opto) размером 2x2x0,6 мм.

MAX44000

Микросхема MAX44000 [2] совмещает в себе датчик уровня освещенности (Ambient Light Sensor – ALS) с широким динамическим диапазоном и ИК-датчик приближения. В качестве фоточувствительных элементов исполь-

зуются фотодиоды, сигналы которых после преобразователей «ток-напряжение» с управляемым усилением поступают на два 14-битных АЦП. Результаты преобразования сохраняются в регистре данных и доступны для чтения по интерфейсу I²C (рисунок 1).

В состав датчика входят три фотодиода, расположенных по центру в нижней части корпуса (рисунок 2): один с максимумом чувствительности в зеленой области видимого спектра и два инфракрасных.

При работе в качестве датчика уровня освещенности сигнал ИК-фотодиода ALS-канала после соответствующего усиления вычитается из сигнала «зеленого» фотодиода. В данном режиме работают два АЦП – на зеленый канал и на ИК-канал. Есть возможность индивидуальной настройки коэффициента усиления каналов.

В режиме датчика уровня освещенности пользователь имеет возможность выбора – возможна обработка сигнала только зеленого канала, только ИК-канала, или разность между зеленым и ИК-каналом. Таким образом MAX44000 может быть использован и как датчик общей освещенности, и как датчик уров-

Таблица 1. Основные параметры датчиков оптического излучения семейства MAX4400x

Наименование	Описание	Ток потребления (тип.), мкА	Диапазон напряжений питания, В	Динамический диапазон уровней яркости, люкс	Время преобразования, мс, мин/макс	Рабочий температурный диапазон, °С
MAX44000	Датчик уровня освещенности и ИК-датчик приближения	7	1,7...3,6	0,03...65,535	1,56/100	-40...105
MAX44004	Датчик уровня освещенности	5	1,7...3,6	0,03...65,535	1,56/100	-40...105
MAX44005	RGB-датчик, ИК-датчик приближения, датчик температуры	15	1,7...2	0,001...57,452	1,56/400	-40...85
MAX44006	RGB-датчик, датчик уровня освещенности, ИК-датчик, датчик температуры	15	1,7...2	0,001...57,452	1,56/400	-40...85
MAX44008	RGB-датчик, датчик уровня освещенности, ИК-датчик, датчик температуры	15	2,7...6	0,001...57,452	1,56/400	-40...85
MAX44009	Низкопотребляющий датчик уровня освещенности	0,65	1,7...3,6	0,045...188,000	6,25/800	-40...85

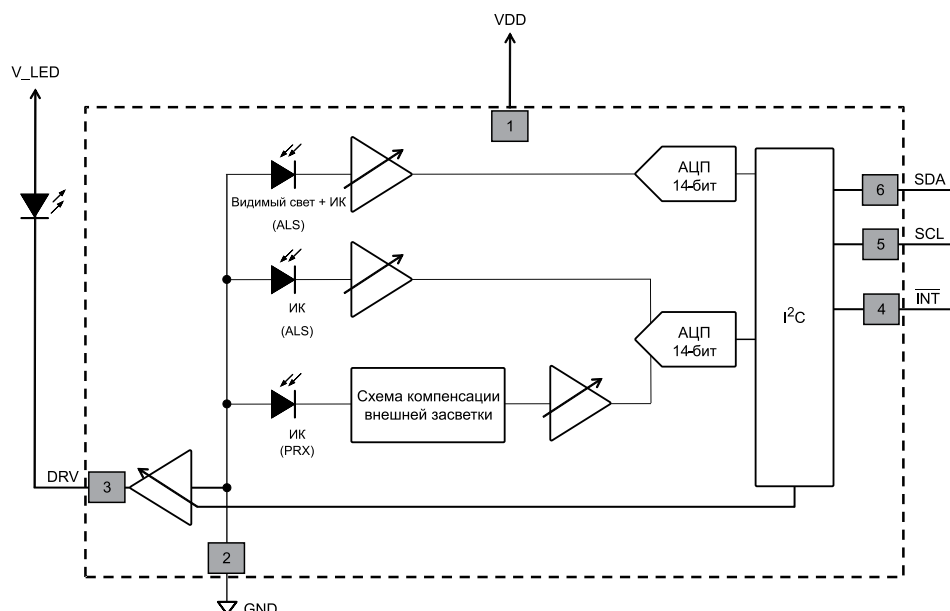


Рис. 1. Структурная схема датчика MAX44000

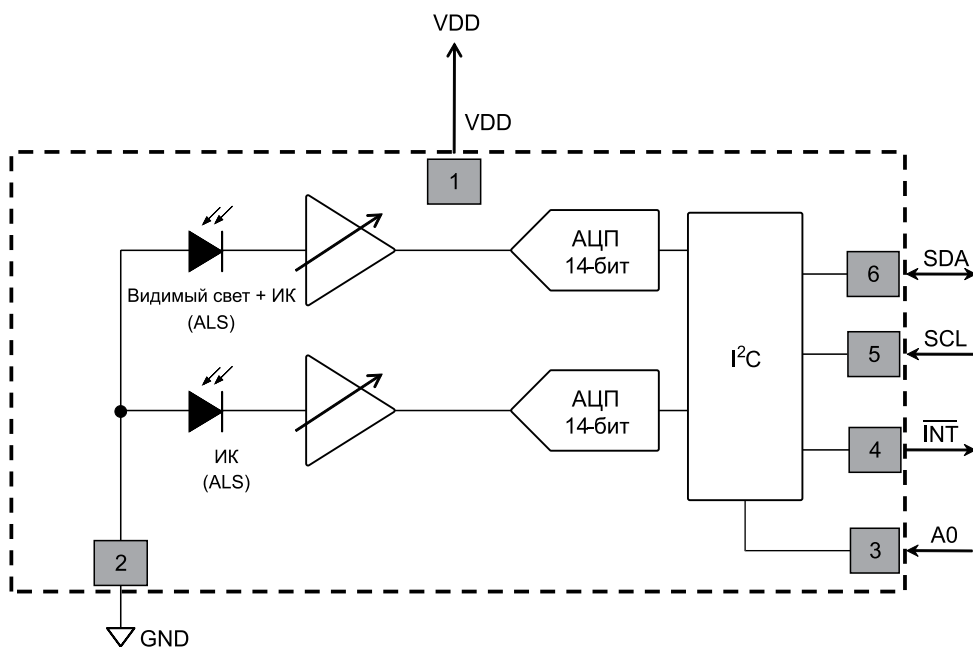


Рис. 3. Структурная схема датчика уровня освещенности MAX44004

ния ИК-сигнала (максимум чувствительности в районе 850 нм).

Вычитание сигнала ИК-фотодиода из сигнала «зеленого» фотодиода позволяет приблизить результирующую спектральную характеристику к кривой чувствительности человеческого глаза и минимизировать влияние ИК-засветки на результаты измерения уровня освещенности.

В режиме работы датчика приближения сигнал ИК-фотодиода предварительно обрабатывается для компенсации постоянной составляющей внешней засветки и оцифровывается АЦП, которое в данном случае работает как 8-битное.

MAX44000 рассчитан на подключение внешнего излучающего ИК-диода. Выходной ток драйвера излучающего диода программируется в диапазоне от

10 до 110 мА. Цепи обработки сигнала ИК-фотодиода синхронизированы с драйвером, что позволяет устранить влияние постоянной засветки даже при достаточно высоком ее уровне. Схема обработки сигнала также нечувствительна к таким источникам переменного ИК-сигнала с фиксированной частотой, как пульты дистанционного управления, электронные балласты и пр.

Программируемый вывод прерывания позволяет существенно снизить нагрузку на управляющий микроконтроллер, особенно в режиме датчика приближения.

MAX44000 работает в диапазоне питающих напряжений от 1,7 до 3,6 В, потребляя, в среднем, 5 мкА в режиме датчика уровня освещенности и 7 мкА в режиме датчика приближения. При

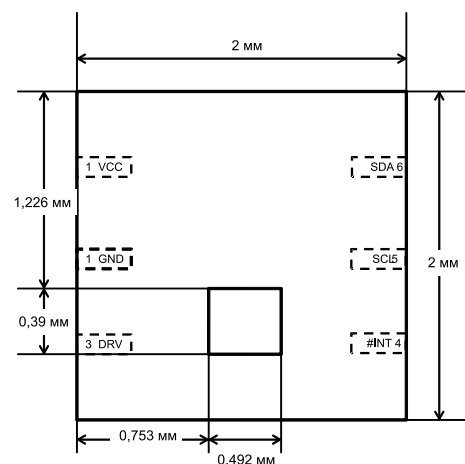


Рис. 2. Расположение фотодиодов в датчике MAX44000

совместном режиме работы «датчик освещенности + датчик приближения» средний ток потребления не превышает 70 мкА при токе драйвера излучающего диода 100 мА.

MAX44004

MAX44004 [3] — низкопотребляющий датчик уровня освещенности с широким динамическим диапазоном. Датчик позволяет измерять уровень освещенности в пределах от 0,03 до 65000 люкс. В микросхеме применены запатентованные сенсоры, оптические фильтры и схемы предварительной обработки сигнала, приближающие спектральную чувствительность датчика к чувствительности глаза. Встроенные регистры калибровки позволяют производить корректные измерения уровня освещенности в различных условиях естественного или искусственного освещения (газоразрядные лампы или лампы накаливания), вне зависимости от прозрачности покрытия, за которым устанавливается датчик (темное/светлое). Технологический процесс производства, разработанный компанией, гарантирует совпадение параметров от партии к партии, что упрощает процесс разработки конечного продукта и снимает ряд проблем, связанных с калибровкой или заменой датчиков.

Датчик управляется по интерфейсу I2C и имеет программируемый выход прерывания, позволяющий во многих случаях снизить нагрузку на контроллер, связанную с постоянным опросом датчика, а также снизить общее энергопотребление конечного устройства за счет большего времени пребывания контроллера в режиме низкого энергопотребления.

В состав датчика входят два фотодиода, расположение которых аналогично MAX44000 (рисунок 2). Один фотодиод

имеет максимум спектральной чувствительности в зеленой области видимого спектра, второй фотодиод — в инфракрасной. Через управляемые усилители фотодиоды подключены к двум 14-битным АЦП (рисунок 3).

Возможен выбор режима работы датчика — обработка разностного сигнала зеленого и ИК-фотодиодов или сигнала только одного из них.

MAX44004 работает в диапазоне питающих напряжений от 1,7 до 3,6 В, потребляя ток порядка 5 мкА.

MAX44005

MAX44005 [4] является высокоинтегрированным оптическим датчиком со встроенным сенсором температуры и драйвером излучающего диода. Микросхема интегрирует возможности семи различных датчиков — цветовых (красный, зеленый, синий), датчика уровня освещенности, ИК-излучения, приближения и температуры.

Семь встроенных АЦП позволяют производить измерения сигналов одновременно по нескольким каналам (рисунок 4).

Цветовые датчики позволяют определять цветовую температуру или служить для распознавания определенного цвета. Кроме того, они позволяют учесть влияние окружения на работу датчика в том случае, если он установлен за цветным или тонированным декоративным покрытием.

В микросхеме установлены фотодиоды пяти типов, чувствительные к красной, зеленой, синей, инфракрасной области спектра (максимумы чувствительности на 630, 538, 470 и 850 нм соответственно), а также с кривой чувствительности, соответствующей человеческому глазу (максимум чувствительности 538 нм) — рисунок 5.

Расположение сенсоров MAX44005 представлено на рисунке 6.

Коэффициент усиления каждого из оптических каналов имеет собственные настройки. Это позволяет учесть влияние различных источников освещения при измерениях уровня освещенности.

Встроенный датчик приближения использует одноимпульсную схему работы, что позволяет сохранять низкий ток потребления при токах излучающего диода от 10 до 110 мА. Кроме того, данный метод позволяет успешно компенсировать влияние внешней засветки, включая солнечный свет и мерцающие источники освещения (лампы накаливания, газоразрядные лампы, ИК-пульсы). Это позволяет успешно применять MAX44005 и в портативных устройствах с сенсорными экранами, и в датчиках присутствия или приближения.

Встроенный датчик температуры может быть использован отдельно для измерения температуры, также его показания могут быть учтены при измере-

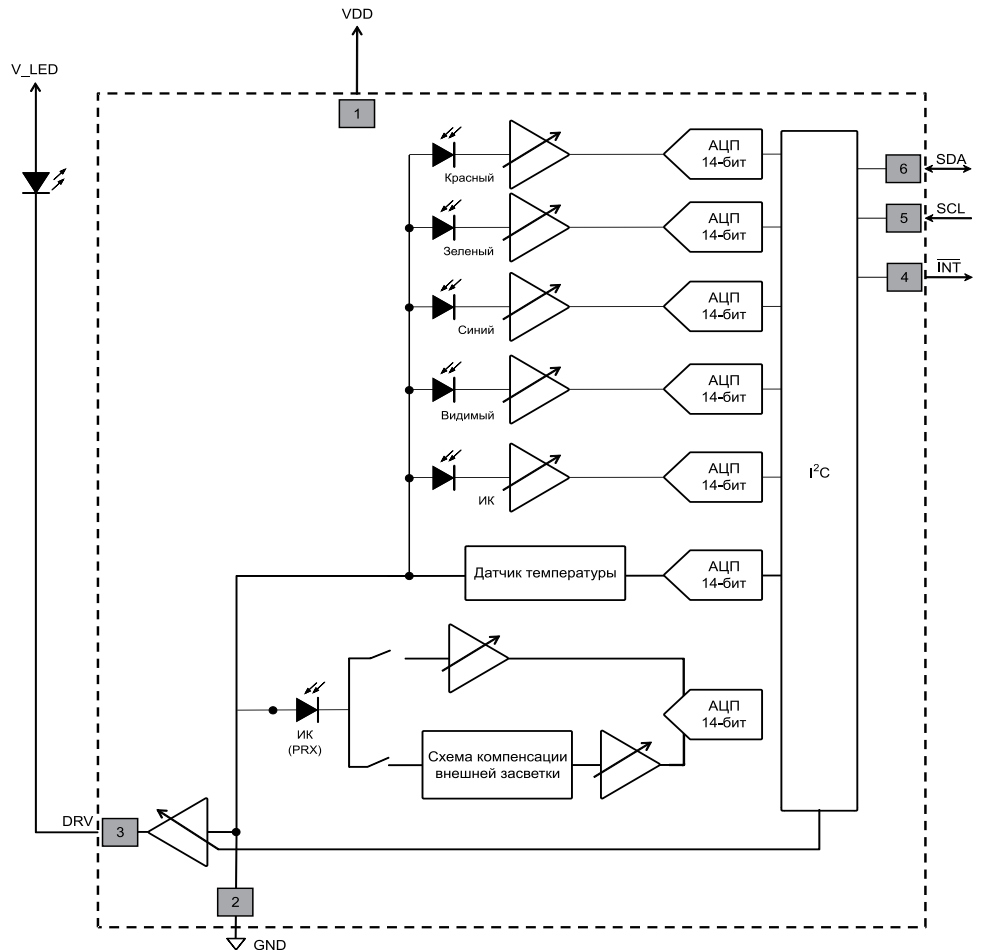


Рис. 4. Структурная схема датчика MAX44005

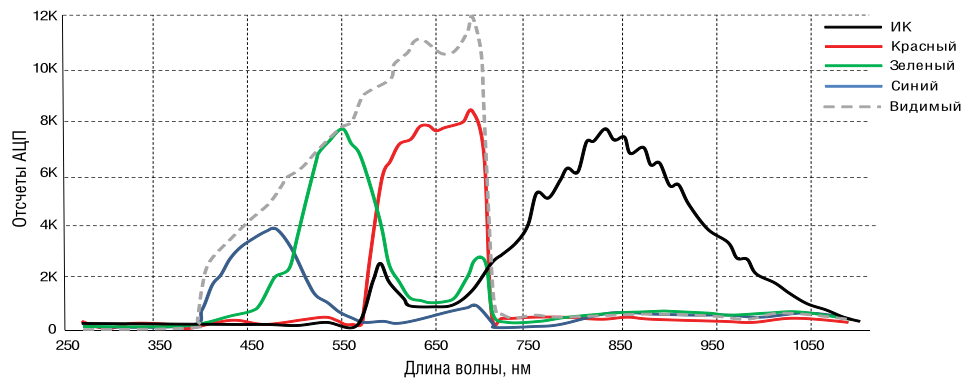


Рис. 5. Спектральные характеристики фотодиодов MAX44005 (AMPGA[1:0]=00, AMBTIM[2:0]=000, компенсация запрещена, поток излучения 15,83 мкВт/см²)

ниях уровня освещенности или уровня ИК-излучения для компенсации влияния изменений температуры.

MAX44005 идеален для встраиваемых систем и систем с автономным питанием: потребление тока при 1,8 В в режиме датчика освещенности — всего 10 мкА, при задействованных RGB-, общем и ИК-каналах — около 15 мкА. При работе в режиме датчика приближения средний ток — также около 10 мкА.

MAX44006, MAX44008

Датчики серий MAX44006, MAX44008 [5] во многом аналогичны MAX44005. Отличием является отсут-

ствие у них схем датчика приближения. Микросхемы интегрируют возможности шести датчиков — цветовые датчики (красный, зеленый, синий), датчик уровня освещенности, датчик уровня ИК-излучения и температуры.

Шесть встроенных АЦП позволяют производить параллельные измерения сигналов по нескольким каналам (рисунок 7).

Токи потребления в режиме работы оптических каналов и датчика температуры — 15 мкА для MAX44006, и 16 мкА — для MAX44008. Расположение фотодатчиков и их спектральные характеристики аналогичны MAX44005.

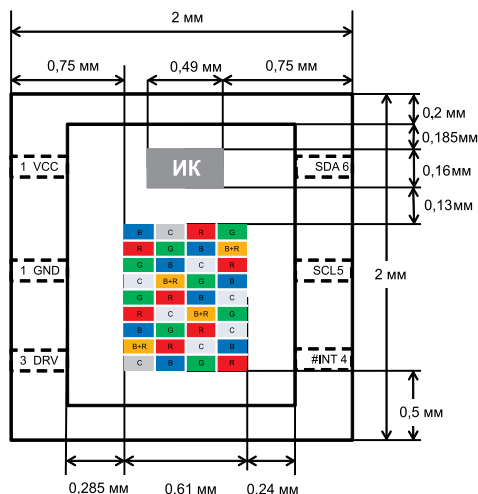


Рис. 6. Расположение фотодиодов в датчике MAX44005

MAX44006 работает в диапазоне питающих напряжений от 1,7 до 2,0 В, MAX44008 — в диапазоне от 2,7 до 5,5 В.

Следует также отметить наличие у MAX44005, MAX44006, MAX44008 режима низкого энергопотребления, в котором их токи потребления лежат в пределах 0,01 мкА.

MAX44009

Датчик освещенности MAX44009 [6] со сверхнизким током потребления 0,65 мкА способен производить измерения освещенности от 0,045 до 188000 лк в диапазоне температур от -40 до 85°C. Спектральная характеристика чувствительности датчика оптимизирована под кривую чувствительности человеческого глаза и не включает УФ- или ИК-области спектра, что дает корректные измерения уровня освещенности. Адаптивная схема управления усилением автоматически определяет диапазон освещенности для оптимального использования динамического диапазона работы преобразователей.

Программируемый выход прерывания выполнен в виде выхода с открытым стоком и может обслуживать управляющую логику с любым диапазоном напряжений питания.

Структурная схема MAX44009 представлена на рисунке 8.

Оптический фильтр предупреждает попадание УФ- и ИК-излучения на фотодиоды, его спектральная характеристика также совпадает с характеристикой глаза. ИК-фотодиод служит для компенсации влияния внешней ИК-засветки. В отличие от MAX44000 и MAX44004, чувствительная область MAX44009 располагается по центру микросхемы (рисунок 9).

Датчик подходит для приложений, работающих с низким уровнем освещения, или для случаев установки датчика за темным стеклом.

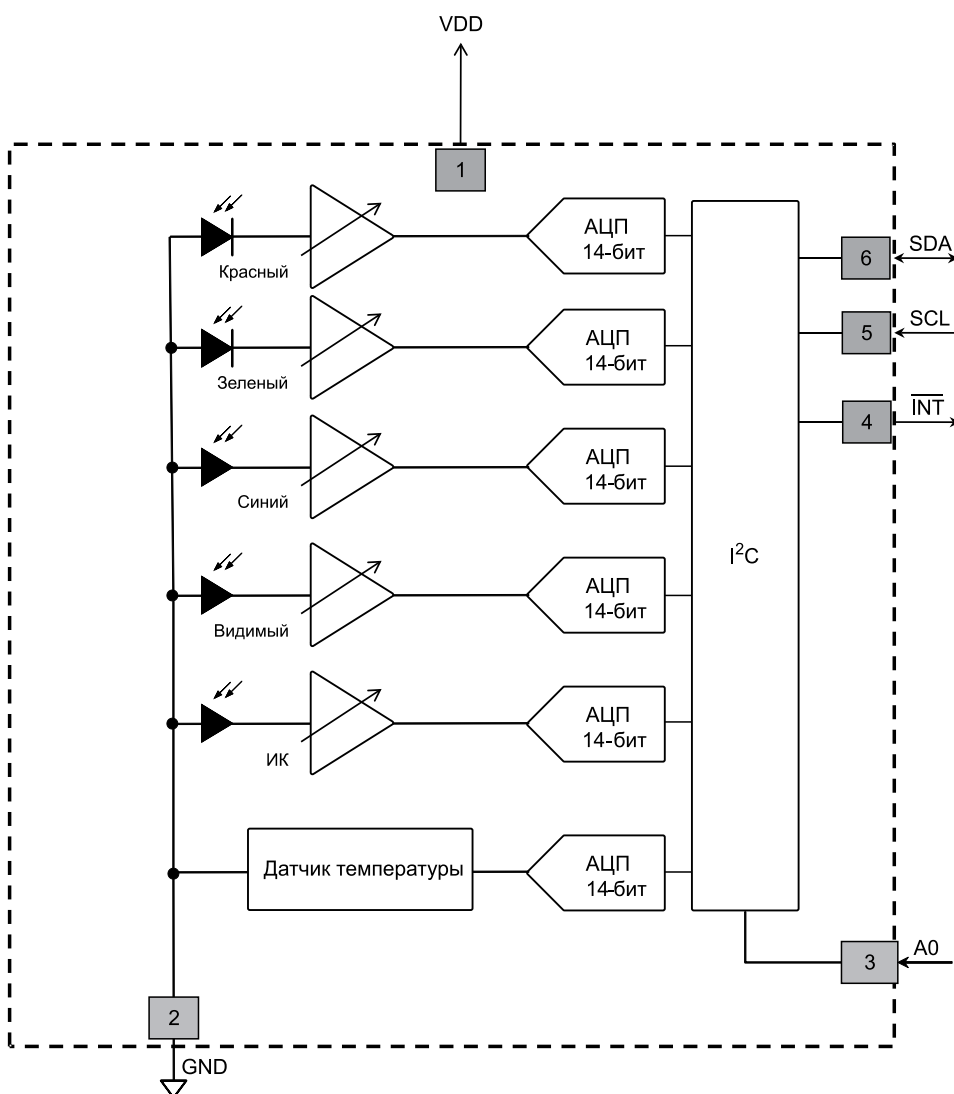


Рис. 7. Структурная схема датчиков MAX44006/MAX44008

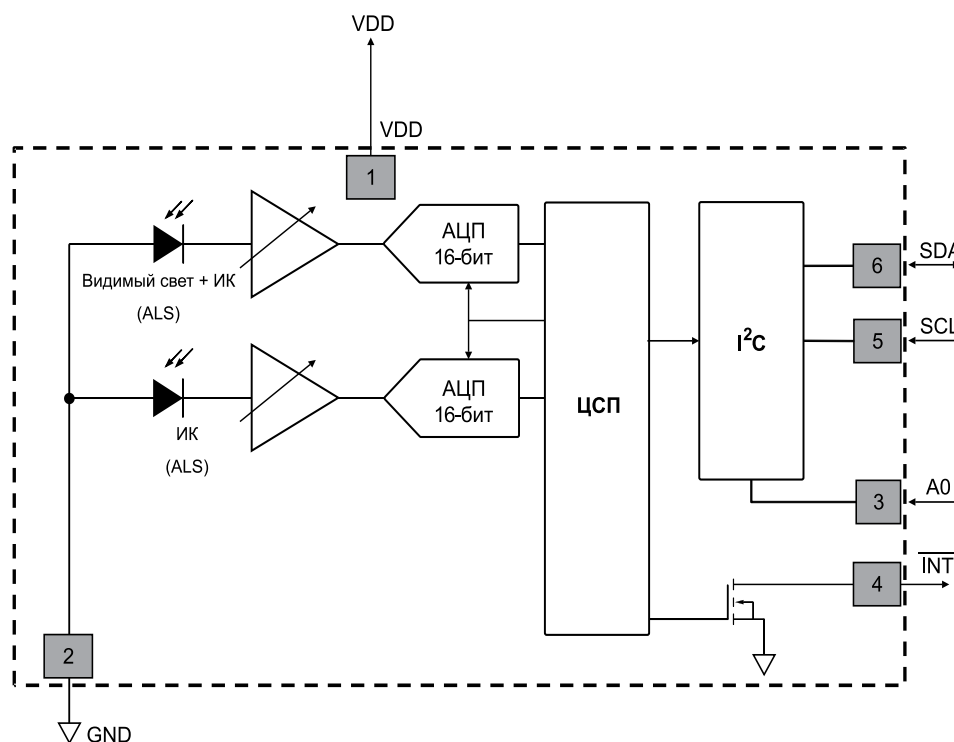


Рис. 8. Структурная схема MAX44009

Области применения

Основные области применения датчиков освещения семейства MAX4400х:

- системы адаптивной подсветки мониторов и экранов компьютеров, планшетов телевизоров;
- управление подсветкой или цветовой гаммой экранов портативных устройств — электронных книг, коммуникаторов;
- управление LED/LCD-проекторами (регулировка яркости, цветовой гаммы в зависимости от внешнего освещения или поверхности экрана);
- интеллектуальные системы управления внутренним и наружным освещением, включая зональное освещение, обнаружение присутствия, корректировку тона освещения, управление декоративной или интерьерной подсветкой;
- системы безопасности;
- системы автоматического открывания дверей;
- измерительные устройства — люксометры.

Заключение

Наличие на одном кристалле оптических датчиков Maxim управляемых усилителей, АЦП и схем компенсации для каждого из измерительных каналов позволяет сократить время измерений и сделать их более точными за счет одновременной выборки и преобразования сигналов отдельных каналов.

Одноимпульсная схема измерений в датчиках приближения минимизирует влияние источников постоянных и импульсных помех и существенно снижает энергопотребление за счет малой доли времени работы излучающего диода.

Цифровой интерфейс управления и передачи данных позволяет устанавливать датчики на удалении от управляющего контроллера без снижения качества работы. Возможность гибкой настройки, наличие схем автоматической корректировки сигнала, адаптированные спектральные характеристики, высокая стабильность и повторяемость параметров упрощают схемотехнику и логику работы управляющего устройства, что, в конечном итоге, положительно сказывается на времени вывода продукта на рынок.

Литература

1. Optical Sensors // http://paramaximintegrated.com/en/results.mvp?fam=optical_sensors
2. MAX44000 Ambient and Infrared Proximity Sensor // <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/7269>
3. MAX44004 Digital Ambient Light Sensor // <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/7405>
4. MAX44005 RGB Color, Temperature, and Infrared Proximity Sensor // <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/7526>

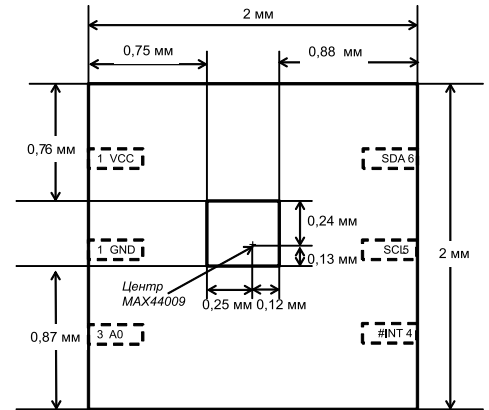


Рис. 9. Расположение фотодиодов в датчике MAX44009

www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/7526

5. MAX44006/MAX44008 RGB Color, Infrared, and Temperature Sensors // <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/7357>

6. MAX44009 Industry's Lowest-Power Ambient Light Sensor with ADC // <http://www.maximintegrated.com/datasheet/index.mvp/id/7175>

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru



Цифровые оптические датчики



- MAX44000** – окружающего освещения, приближения
- MAX44004** – окружающего освещения
- MAX44005** – окружающего освещения, ИК, приближения, RGB, температуры
- MAX44006** – окружающего освещения, ИК, RGB, температуры
- MAX44008** – окружающего освещения, ИК, RGB, температуры
- MAX44009** – окружающего освещения

Области применения:

- Портативные цифровые устройства
- Системы управления освещением
- Системы безопасности
- Системы отображения информации

Москва
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2328
Соколов Андрей
E-mail: a.sokolov@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404, доб. 4231
Романов Олег
E-mail: Romanov.spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

Сергей Барабан (г. Винница)

МАССОВАЯ ТЕРМОМЕТРИЯ – ВЕРСИЯ КОМПАНИИ MAXIM INTEGRATED



Компания **Maxim** предлагает широкую линейку **интегральных датчиков** для измерения **температуры** – от простых изделий с двухпроводным интерфейсом до микросхем со встроенной памятью и высоким быстродействием. В номенклатуре одного из ведущих поставщиков интегральных решений для термометрии имеются также **термостаты** и **контроллеры термопар** для промышленных применений.

Известным феноменом метрологической науки является существенная неравномерность доли измерений различных физических величин в промышленности. Например, определение давления составляет приблизительно 10% от всех измерений, в то время, как магнитного поля – чуть больше 1%. При этом, на протяжении длительного времени лидером остается температура – более 50%. То есть, как минимум, каждое второе измерение является термометрией.

По этой причине изученность данной тематики высока, новые принципиальные решения появляются крайне редко, однако инженерные разработки обновляются регулярно. Это связано с тем, что миниатюризация и прогресс информационных технологий сделали возможным значительное улучшение классических электромеханических способов измерения температуры (термопарой или термистором). Улучшения коснулись как повышения метрологического качества датчиков, так и сервисных функций (статистическая обработка, передача по каналам связи, хранение и проч.). Также постоянно улучшается конструктив и уменьшается размер температурных сенсоров.

Компания Maxim, являясь одним из лидеров мировой микроэлектроники, не осталась в стороне от термометрической отрасли и производит широкую номенклатуру решений для измерения температуры.

Цифровые термометры DS18B20-PAR

Классический цифровой термометр – простой, надежный, маленький, измеряет температуру. Ничего лишнего. Поставляется в трехвыводном корпусе

ТО-92 (отличный вариант для радиолюбительских поделок), а также в более миниатюрных SO- и uSOP-корпусах.

Прибор обладает некоторыми интересными возможностями. Например, он может быть запитан от линии данных («фантомное питание»), таким образом устраняя необходимость в локальном источнике питания. Это означает, что, фактически для работы датчика достаточно двух выводов – сигнального (данные + питание) и общего – вот пример интерфейса 1-Wire® в действии!

Другим интересным свойством является возможность программно задавать разрешение по температуре – от 9 до 12 бит, что, правда, приводит к изменению времени преобразования (см. табл. 1).

Имеется возможность параллельной работы множества датчиков, подключенных к одной шине, под контролем одного микропроцессора, что упрощает создание приложений, осуществляющих распределенное измерение температуры.

Точность датчика не менее $\pm 0,5^\circ\text{C}$ в диапазоне от -10 до 85°C , полный диапазон измерений от -55 до 100°C .

MAX31826

Новый 12-разрядный датчик температуры MAX31826 с интерфейсом 1-Wire. Его главной особенностью является наличие 1 кбит (128 байт) встроенной па-

мяти EEPROM с возможностью блокировки. Применение этой области памяти включает в себя запись системной информации, такой как результаты критических измерений, код зоны установки, идентификационные данные и т.п.

Также микросхема получила более высокие динамические характеристики – время преобразования при 12-битном разрешении всего 150 мс (напомним, у предшественника DS18B20 – 750 мс). По остальным метрологическим характеристикам устройство подобно DS18B20. Поставляется в 8-выводном корпусе μMAX .

Термостаты DS75

2-проводный температурный цифровой термометр с функцией термостата. Поддерживает функцию программной установки разрешения (от 9 до 12 бит), однако точность измерения значительно ниже ($\pm 2^\circ\text{C}$, вместо $\pm 0,5^\circ\text{C}$ у DS18B20). Это вполне приемлемо для термостата с широким диапазоном ($-55...125^\circ\text{C}$), поскольку основной задачей устройств такого рода является термозащита или тепловой контроль (по принципу «в допуске/не в допуске»), а не само измерение.

Немаловажной особенностью является наличие программируемых пользователем точки включения и точки отключения термостата, что позволяет реализовать температурный гистерезис под контролем. Хорошим дополнением к этому является небольшая настраиваемая защита от сбоев, которая заключается в том, что срабатывание термостата происходит только в случае, если температура превышает установленный порог в течении 1...6 последовательных циклов измерения. Благодаря этому,

Таблица 1. Зависимость времени измерения DS18B20 от температурного разрешения

Разрешение	Шаг по температуре, $^\circ\text{C}$	Время измерения, мс
9	0,5	94
10	0,25	188
11	0,125	375
12	0,0625	750

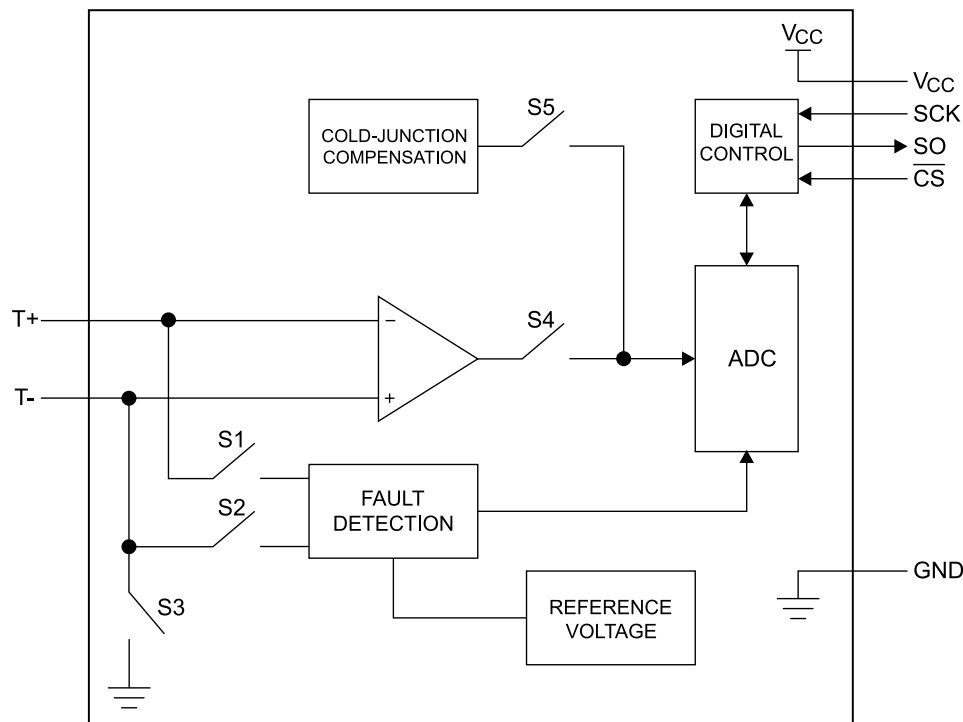


Рис. 1. Структурная схема МАХ31855

можно исключить метрологические промахи и избежать ложных переключений термостата.

В качестве программного интерфейса вместо 1-Wire применяется более распространенный в микроконтроллерах I²C/SMBus последовательный интерфейс.

Назначение выводов микросхемы следующее: Vdd, GND – питание от 2,7 до 5,5 В. SDA, SCL – интерфейс связи; A2-A0 – адрес устройства (требуется при работе нескольких устройств на одной шине связи); O.S. – вывод термостата с открытым коллектором. Поставляется в 8-контактных SO- или μ MAX-корпусах

MAX31722 / 23

Представитель семейства новых термометров/термостатов подобен описанным ранее, однако главной особенностью является возможность использования более низкого напряже-

ния питания (от 1,7 до 3,7 В). Учитывая также, что ток потребления составляет около 2,4 мкА в режиме ожидания (1 мА при измерениях), можно сделать вывод о возможности использования этих приборов в системах с низким энергопотреблением.

Кроме того, значительно улучшена точность — погрешность составляет до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (MAX31723), и уменьшено время преобразования — 200 мс при 12-битном разрешении и 20 мс при 9-битном (против 1200 мс и 150 мс у DS75).

Считывание измеренной температуры и задание пороговых значений для работы термостата осуществляется из внутренних регистров микросхемы посредством шины SPI (также доступен для выбора трехпроводной интерфейс). Установленные значения записываются в энергонезависимую память микросхемы, поэтому нет необходимости заново записывать их при очередной подаче питания.

Контроллер термопар MAX31855

Несмотря на высокие метрологические характеристики описанных ранее приборов, необходимо указать, что для термометрических преобразователей, не имеющих внешних элементов, температурный диапазон ограничен свойствами материалов, из которых изготовлена сама микросхема. По этой причине для температур, значительно выходящих за индустриальный диапазон, применяются термометры, состоящие из внешнего чувствительного сенсора и его цифрового контроллера.

Именно таким прибором, предназначенным для работы с термопарами, является MAX31855 (рисунок 1). Он способен преобразовывать в цифровую форму сигналы с термопар К, J, N, T или E-типов, попутно обеспечивая компенсацию их опорных спаев. Для каждого из типов термопар доступна своя модификация микросхем, отличающаяся буквой в маркировке (например, MAX31855K для К-типа).

Таким образом на основании МАХ31855 возможно построение простых, точных и недорогих термометров с широким измерительным диапазоном (например для термопар К-типа от -200 до 700°С, с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$). Поставляется в 8-выводном SO корпусе.

Заключение

Широта возможных областей применения рассмотренных приборов не подлежит сомнению. Температуру измеряют везде. Однако, конструктив и функциональные возможности — в первую очередь диапазон, точность и напряжение питания — часто определяют, где будет использована та или иная конкретная микросхема. Например, небольшие и быстрые MAX31826 можно использовать в мобильных приложениях: учитывая наличие внутренней энергонезависимой памяти, нет необходимости ставить отдельную микросхему для идентификации. А вот преобразователь MAX31855, скорее всего, найдет место в индустриальных применениях — печах, технологических линиях, холодильниках, прессах и т.п.

В целом необходимо отметить общий прогресс при переходе от старых моделей к новым, увеличение скорости, снижение энергопотребления, возможность выбирать из различных интерфейсов связи — ведь как ни хорош 1-Wire, все же многим больше по вкусу I²C или SPI. Надеемся, что такие тенденции сохранятся и в дальнейшем.



**Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru**

Роман Криночкин (г. Винница)

МАХІМ'УМ БЕСПЕРЕБОЙНОСТІ: РЕШЕНИЯ MAXIM INTEGRATED ДЛЯ СИСТЕМ С БАТАРЕЙНЫМ ПИТАНИЕМ



MAX17047/17050 точно и по интеллектуальному алгоритму собственной разработки определит текущий заряд батареи. Семейство **MAX17048/49/58/59** сделает то же самое для Li+ батареи. **MAX8971** — высокоинтегрированный программируемый контроллер зарядки батарей. И это — лишь немногое из широкой линейки решений **Maxim** для приложений с батарейным питанием.

Стремительное развитие вычислительных устройств привело к невиданным возможностям в скорости и объемах обработки информации. Однако развитие необходимых для таких устройств систем мобильного электрического питания за последние полвека — не столь впечатляюще. Было разработано несколько новых типов аккумуляторов — никель-металл-гидридные (NiMH), литий-полимерные (Li-Pol), увеличены надежность и срок службы, немного поднята емкость (правда, с одновременным уменьшением максимально отдаваемого тока). Исходя из этих реалий, производителям электроники пришлось решать вопрос с помощью других методов — постоянного снижения энергопотребления электронных компонентов (как отдельных транзисторов, так и микросхем в целом), а также — реализации системного подхода к энерго-распределению. Несколько слов о том, что это такое.

Во-первых, системный подход предусматривает четкий менеджмент ресурсов — в любой момент система управления питанием должна фиксировать количество имеющейся энергии (Дж) или заряда (Кл), тип и максимальный ток отдачи установленного аккумулятора, текущую общую величину потребления, основных потребителей. Все эти величины должны измеряться соответствующими компонентами — цифровыми токоизмерительными ключами или АЦП с измерительными шунтами. Этот первичный уровень управления осуществляет взаимодействие непосредственно с аппаратными ресурсами, по необходимости отключая или переводя их в режим пониженного потребления и,

таким образом, продлевая время работы прибора. Также данный уровень служит базовым источником информации для следующих уровней.

Во-вторых, рассматривая превращение энергии батареи в полезную работу, можно увидеть, что потребление является чрезвычайно неравномерным процессом. Поэтому, проследив динамику изменения потребления, а также учитывая распределение задач (потоков) по степеням приоритета и виды используемых пользователем приложений, можно составить более удачный алгоритм управления энергосбережением таким образом, чтобы важные задачи выполнялись без снижения эффективности и времени работы. С этой задачей может

справиться лишь базирующаяся на первичных измерениях программная система на уровне ОС.

В-третьих, профилактический уровень позволяет прогнозировать оставшееся время работы и необходимое время заряда, учитывая, например, «эффект памяти» аккумулятора и иные аспекты состояния оборудования. Это дает пользователю возможность предоставлять информацию и рекомендации по наиболее оптимальному использованию устройства.

Очевидно, что физической базой для последующих уровней является первичный, аппаратный уровень. Именно от его возможностей, быстроты действия и функционального совершенства зависит, достигнет ли вся система требуемых характеристик. Кроме того, необходимо учесть, что система управления питанием сама потребляет энергию, и чем более она совершенна, тем меньше затратность ее использования. Этот обзор посвящен ряду наиболее интересных разработок компании Maxim в данной сфере.

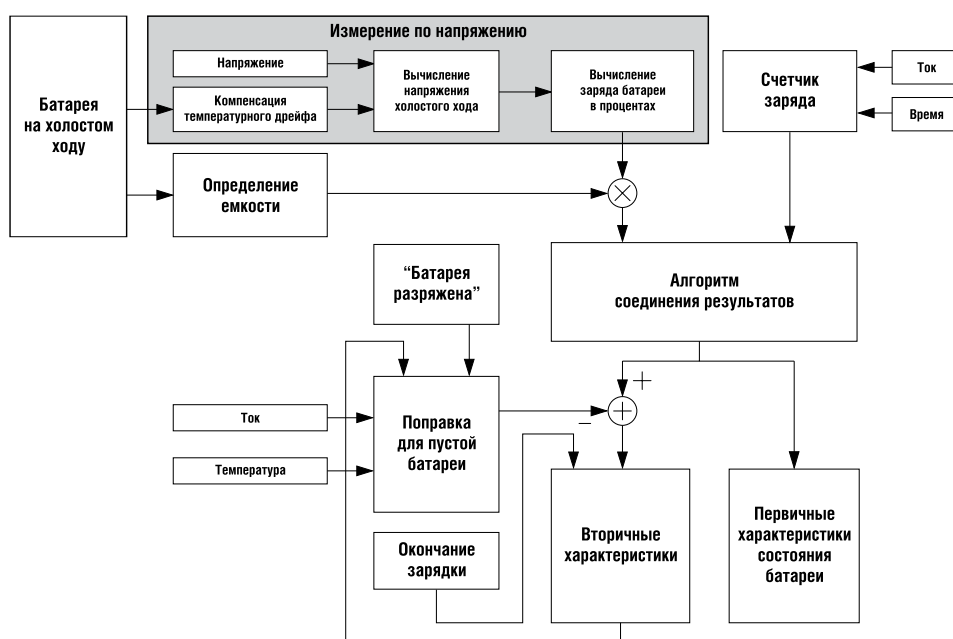


Рис. 1. Функциональная диаграмма работы алгоритма ModelGauge m³

Микросхемы для определения заряда батареи на базе фирменного алгоритма ModelGauge

Семейство MAX17047/17050

Микросхемы данного семейства предназначены для точного определения уровня текущего заряда батареи. Это типичная задача и, казалось бы, что нового тут можно придумать? Однако к решению данного вопроса существуют различные подходы.

Например, о текущем состоянии батареи или аккумулятора можно судить по остаточному напряжению между полюсами — по мере разряда оно уменьшается. Этот способ довольно прост в реализации и использовании, однако, имеет один существенный недостаток — он крайне неточен. На самом деле напряжение батареи под нагрузкой и без нее может существенно отличаться, а определять уровень заряда в большинстве случаев приходится именно в процессе функционирования устройства в режиме online. Это означает, что для получения корректных показаний необходимо дополнительно измерять ток потребления и на основании его величины судить о степени просадки напряжения от подключенной нагрузки. Можно также получить более точные результаты, проводя измерения в моменты, когда ток потребления близок к нулю (так называемое «напряжение батареи на холостом ходу» или. OCV — «open-circuit voltage»).

Однако результат все равно получается неточным и зависит от стабильности нагрузки в момент, предшествующий измерению, от температуры окружающей среды и иных факторов. Например, при кратковременных скачках мощности потребления измеренный уровень остаточного заряда, особенно при большой степени разрядки, будет сильно колебаться. Кроме того, этот подход дает нелинейные результаты (напряжение убывает по нелинейному закону), а потому усложняет реализацию алгоритма подсчета оставшегося времени работы. А ведь именно ответ на вопрос «сколько еще сможет прорабо-

тать мое устройство?» наиболее интересен конечному пользователю. Преимуществами же данного способа является относительная простота реализации и отсутствие необходимости постоянного мониторинга. Вполне достаточно время от времени проверять уровень остаточного напряжения и ток потребления в текущий момент.

Второй принцип, который может быть положен в основу измерителей величины остаточного заряда (SOC — State of charge), состоит в определении баланса зарядов. То есть, при зарядке подсчитывается фактическое количество заряда (в Кулонах), которое было поглощено батареей. Это значение запоминается в памяти микросхемы-контроллера батареи. При подключении нагрузки начинается постепенный разряд, и снова подсчитывается величина заряда, которая была потрачена на питание целевого устройства. Отняв из первой величины вторую, мы получим количество заряда, которое запасено батареей в данный момент. Сам по себе этот способ хорош и достаточно точен, однако, и он не лишен некоторых существенных недостатков.

Во-первых, сам подсчет количества зарядов реализуется не прямо (куметром), а опосредованно — опять-таки, через определение протекающего тока и умножение его на время измерения (ток, напомним, это отношение заряда ко времени). Кроме того, ток тоже обычно измеряют не прямо (амперметром), а косвенно — вычисляя падение напряжения на образцовом резисторе известного сопротивления. Это значительно упрощает схемотехнику: вместо трех приборов (куметра, амперметра и вольтметра), достаточно интегрировать только один — последний, реализовав его на основании аналого-цифрового преобразователя, технология интеграции которых давно отлажена. Однако мы получаем и все недостатки косвенных измерений — нелинейность, зависимость от второстепенных факторов (например, от точности определения отрезков времени или стабильности со-

противления образцовых резисторов), большие систематические погрешности при прочих равных условиях и т.п. Необходимо также добавить, что погрешности, вызванные указанными факторами, накапливаются со временем и потому требуют периодической корректировки — принудительного сброса счетчика заряда, когда определено независимым методом, что батарея пуста или полна. Если же батарея не опустошается длительное время, то погрешность будет постоянно нарастать, значительно уменьшая точность измерения.

Во-вторых, метод баланса зарядов априори предполагает, что заряд попадает в батарею и тратится из нее только контролируемым путем — через измерительную микросхему. Однако на практике такое допущение не вполне верно, в первую очередь — из-за постепенного саморазряда аккумуляторной батареи и ряда других, менее значительных, факторов (например, температурной, ионизационной автогенерации, различных пьезоэффектов). И хотя конструктив современных батарей предполагает сведение к минимуму указанных факторов, полностью сбрасывать их со счетов нельзя, особенно когда батарея не работает в течение длительного времени.

Таким образом, первый из описанных нами способов — контроль по напряжению — прост, но дает нестабильные результаты на коротких промежутках времени. Второй же — контроль по зарядам — наоборот, точен именно для коротких промежутков времени, однако при длительных дает значительные погрешности.

Немалым преимуществом микросхем компании Maxim является то, что они реализуют оба подхода в одной микросхеме, комбинируя положительные стороны и обходя недостатки описанных методов. Данный фирменный алгоритм получил наименование **ModelGauge m³**, его функциональная схема приведена на рисунке 1.

Алгоритм базируется на измерении четырех основных первичных параметров — напряжения, тока, времени и температуры. Кроме того, он является самообучающимся и адаптивным. Для определения состояния батареи учитывается также количество циклов «заряд-разряд» и уменьшение энергетической емкости в процессе эксплуатации. При старении батареи алгоритм учитывает изменение параметров и вносит коррективы в результаты измерений.

Безусловно, центральным моментом в работе алгоритма является принцип соединения результатов измерений по методам остаточного напряжения (OCV) и счетчика зарядов (coulomb-counter), выполненных независимо друг от друга (как было описано ранее). При этом используется принцип суммирования с ве-

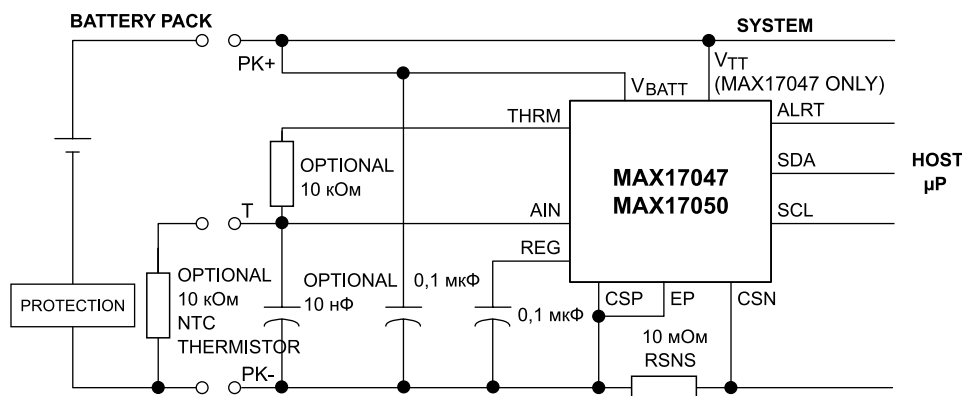


Рис. 2. Схема подключения MAX17047/ MAX17050

совыми коэффициентами. Вначале количество заряда в батарее неизвестно, поэтому более предпочтительным методом является определение по напряжению. Однако с накоплением информации о батарее и прохождении циклов «заряд-разряд» становится возможным измерение по методу счетчика зарядов. При этом данные остаточного напряжения продолжают использоваться, но уже только для корректировки кумулятивной погрешности счетчика.

Микросхема поставляется в миниатюрных 10-выводных TDFN-(MAX17047) и 9-выводных WLP-(MAX17050) корпусах. Назначение выводов (рисунок 2) следующее: V_{BATT} — плюс напряжения питания и одновременно вход для измерения остаточного напряжения; CSP и CSN — минус питания и вход подключения токоизмерительного шунта (резистор 10 мОм); SCL, SDA — подключение I²C-интерфейса; THRM и AIN — присоединение внешнего термистора для измерения температуры; REG — вывод для подключения внешнего конденсатора (0,1 мкФ); ALRT — вывод с открытым коллектором, который замыкается при наступлении определенных событий (вставка/извлечение батареи, выход напряжения и температуры за допустимые границы и проч.), требующих реакции; V_{TT} — вывод, который может пригодиться в случае необходимости подавать на термоизмерительный резистор напряжение, отличающееся от V_{BATT} (в большинстве случаев это не требуется).

Микросхема MAX17047/50 способна функционировать при напряжении питания от 2,5 до 4,5 В (эти же значения ограничивают диапазон измерения). Ток потребления в активном режиме составляет не более 40 мкА, что является нормальным для микросхем такого класса. Полезной особенностью микросхем данной серии является возможность получать результаты измерений как в ампер-часах, так и в % от полной емкости. Погрешность при измерении напряжения составляет не более ± 20 мВ во всем диапазоне рабочих температур (от -40 до 85°C), шаг измерения напряжения (минимальный значащий разряд внутреннего АЦП) — менее 1 мВ. При использовании функции подсчета оставшегося заряда в процентах гарантируется погрешность не более $\pm 0,5\%$, что достаточно для большинства применений.

Семейство MAX17048/49/58/59

Эти микросхемы предназначены для измерения состояния заряда Li+ батарей. Они эффективно моделируют их поведение и жизненный цикл, учитывая происходящие внутри химические процессы, инерционность, динамику старения и т.п. Схема подключения (ри-

сунок 3) довольно проста — всего лишь один внешний элемент. Микросхема использует тот же алгоритм ModelGauge, но в более упрощенной модификации — без учета влияния температуры. Однако в большинстве массовых применений температура не меняется слишком сильно, и потому точность результата не слишком страдает, зато схема применения упрощается.

Назначение выводов: V_{DD} , CELL — питание и измерительный вход; CTG, GND — земля; SDA, SCL, ALRT — интерфейс связи и сигнальный выход. А вот вывод QSTR имеет интересную функцию. Дело в том, что микросхемы данного семейства имеют специальную защиту от неправильного определения степени зарядки после первичного подключения батареи. Эта защита состоит из двух частей: выдержки времени (17 мс) перед измерением и многократного измерения с выбором наилучшего результата. Однако батареи имеют немного отличающиеся друг от друга характеристики. Вывод QSTR позволяет выполнить переинициализацию батареи в случае, если значение начального заряда определено неправильно.

Контроллеры зарядки

Мы рассмотрели различные подходы для определения состояния заряда батареи, и логичным продолжением

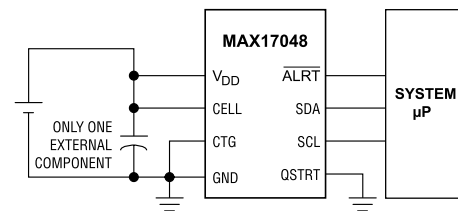


Рис. 3. Схема подключения MAX17048

этой темы являются специализированные контроллеры, на основании которых можно строить универсальные устройства для зарядки аккумуляторов. От того, насколько правильно построены подобные устройства, зависит максимально возможное накопление энергии и долговечность работы самой аккумуляторной батареи. Также в современных условиях миниатюризации потребительских устройств необходимо обеспечить высокую емкость, а значит — правильно подобрать профиль заряда (зависимость тока заряда от времени).

На рисунке 4 приведен пример такого профиля для литий-полимерной батареи. Когда она разряжена (первый участок), видно, что ток устанавливается на небольшом уровне, далее на переходном участке ток увеличивается, снова снижаясь во время подготовительной стадии. Такой профиль позволяет обеспечить первичную

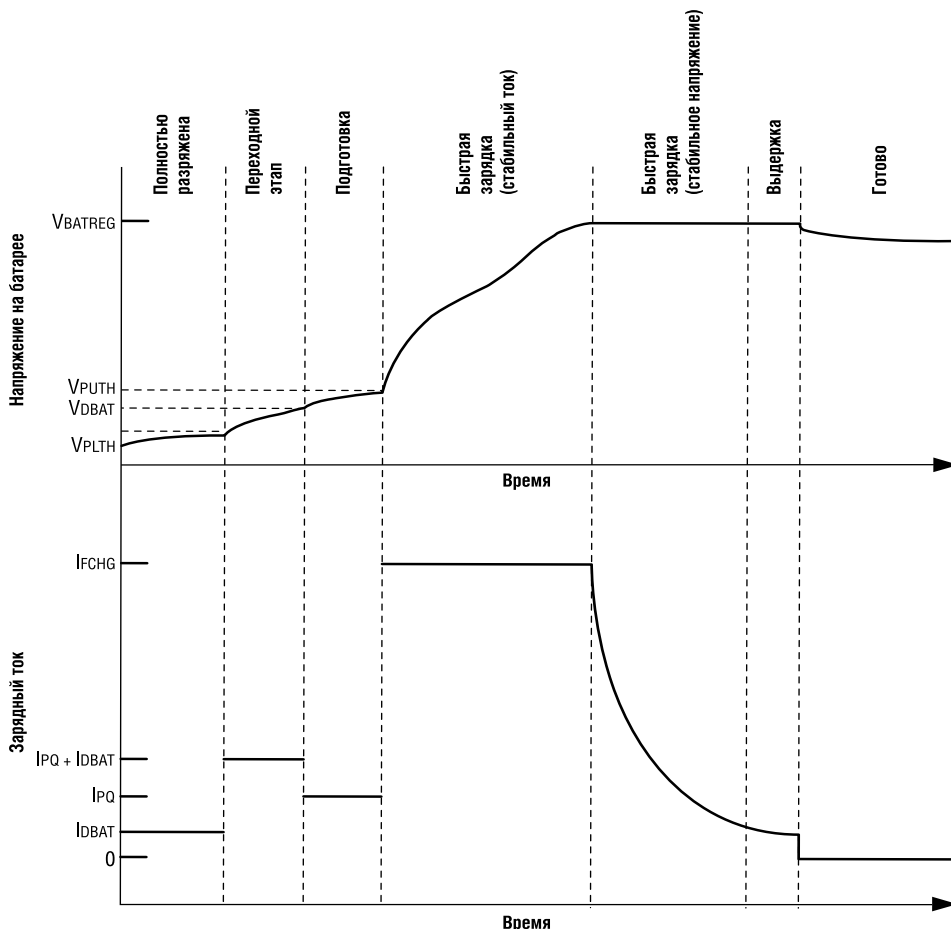


Рис. 4. Типичный профиль заряда литий-полимерной батареи

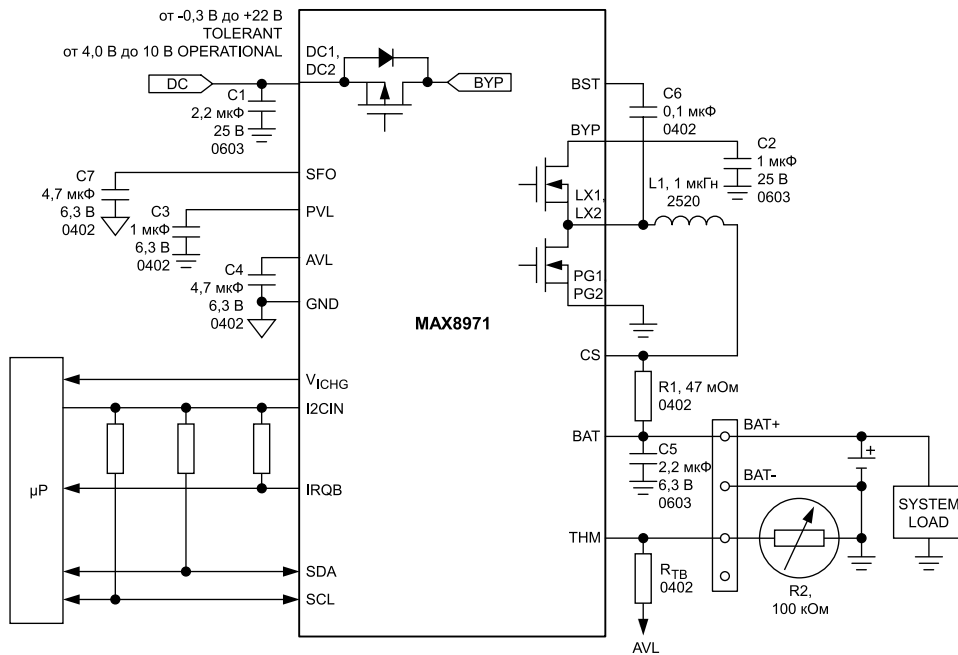


Рис. 5. Упрощенная схема подключения MAX8971

подготовку батареи, уменьшая время основного периода заряда, когда ток постоянно поддерживается на высоком уровне до тех пор, пока батарея не достигнет напряжения, слегка превышающего номинальное. Затем наступает промежуток, во время которого зарядный ток плавно уменьшается таким образом, чтобы напряжение батареи оставалось постоянным. На финальной стадии происходит короткая выдержка с минимальным током.

Такой подход позволяет накопить максимальный запас энергии в батарее, но требует сложных устройств регулирования процесса заряда, способных выступать источниками как тока, так и напряжения (причем различных номиналов), уметь отсчитывать время и отслеживать состояние батареи. Кроме того, необходимо проводить постоянный мониторинг температуры, поскольку слишком интенсивный процесс заряда приводит к значительному нагреву, что в случае с полимерными аккумуля-

торами чревато выходом из строя или даже взрывом.

Именно таким контроллером является микросхема **MAX8971**. Это высокоинтегрированный программируемый контроллер с встроенным DC/DC-регулятором, способный питаться от USB или другого внешнего источника. В микросхему традиционно интегрирован контроллер I²C, что позволяет получать программный доступ к функциям микросхемы. Поставляется в миниатюрных (около 4 мм²) 20-выводных WLP-корпусах.

Типичная схема применения представлена на рисунке 5. Пусть вас не пугает наличие большого количества выводов — это связано, прежде всего, с тем, что встроенный импульсный ШИМ-преобразователь микросхемы требует большого количества внешних конденсаторов (не менее семи штук). Кроме того, для улучшения теплоотвода (поскольку корпус миниатюрный) конструкторы продублировали некото-

рые выводы — они соединяются между собой и используются параллельно. К таким относятся выводы DC1, DC2 — вход источника питания (до 7,5 В); LX1, LX2 — подключение внешней индуктивности; PG1, PG2 — силовая земля. Для связи с микроконтроллером применяются выводы SDA, SCL, I²CIN — для использования в шине I²C; IRQB — прерывание, сигнальный выход с открытым коллектором (аналог вывода ALERT в микросхеме MAX17048). Интересной особенностью микросхем серии MAX8971 является наличие информационного вывода V_{ICHG}, напряжение на котором отражает текущее значение зарядного тока (в соотношении 1,4 мВ/мА). Вывод BAT служит непосредственно для подключения заряжаемой батареи (но это лишь информационный вход, используемый вместе с CS для определения напряжения и тока заряда, сам же зарядный ток поступает на батарею с выводов LX1, LX2 через внешнюю индуктивность), к THM необходимо присоединить терморезистор, позволяющий отслеживать температуру.

Заключение

Мы рассмотрели лишь небольшую часть из решений компании Maxim, предназначенных для использования в сфере автономного батарейного питания. Первая из микросхем отслеживания состояния (MAX17047/50) более функциональна, поскольку позволяет корректно измерять емкость комбинаций последовательно включенных батарей, а также реализует температурную коррекцию. Правда, она и более сложна. Непосредственно для литиевых (Li+) батарей разработаны микросхемы 17048/17058. Они проще, и требуют меньше внешних элементов (например, отсутствует токоизмерительный шунт), но характеристики их менее продуктивны.

Одним из новых продуктов текущего года является микросхема MAX8971, предназначенная для построения контроллеров заряда в портативных устройствах. Несмотря на очень малые размеры, она способна реализовывать сложные профили заряда с токами до 1,5 А, делая возможным быстрый и безопасный заряд аккумуляторов.

maxim
integrated™

MAX17047, MAX17050 –
контроллеры уровня заряда аккумуляторов

Особенности:

- Компенсация температурного и временного дрейфа параметров аккумулятора
- Высокая точность измерения заряда – фирменный алгоритм измерения ModelGauge™ m³
- Возможность работы с многоэлементными батареями

Компел
www.compel.ru

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Билл Лаумайстер (Maxim Integrated)

ЧЕМ ГРОЗЯТ ОКРУГЛЕННЫЕ ЧИСЛА, ТИПОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СИМУЛЯТОРЫ



Автор, инженер по применению компании **Maxim**, рассказывает о том, как при **разработке электроники** избежать многих **ошибок**, источником которых является излишнее доверие к техническим характеристикам и компьютерным моделям.

Данная статья подчеркивает важность внимательного составления принципиальной схемы разработки и продумывания всех аспектов проектирования. Довольно часто инженеры вводят в заблуждение либо технические характеристики, округленные приблизительно, либо стандартные спецификации, которые инженеру постоянно приходится держать в памяти. Не имеет значения, какого рода ошибка произошла, если она может привести к катастрофическим последствиям в проекте. В статье объясняется, как, опираясь на округление чисел, использование стандартных спецификаций и компьютерного моделирования вместо реальных образцов, инженер может разработать неудачную схему.

Округленные числа не всегда правильно суммируются

Как однажды сказал американский государственный деятель Генри Клей, «Статистика не может заменить суждение». То, что верно для статистики, верно и для технического описания. Из-за постоянно растущих требований

к инженерам-конструкторам, главным из которых является эффективность, может показаться заманчивым с первого взгляда доверять спецификации устройства.

Тем не менее, логика должна преобладать как в схемотехнике, так и в реальном мире. Инженеры должны уделить достаточно времени тому, чтобы тщательно обдумывать свои проекты и избегать ошибок, вызванных необходимым (хотя порой вводящим в заблуждение) округлением параметров в спецификациях.

В качестве примера округления-ловушки можно рассмотреть некоторые цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) с выходными буферами, имеющие противоречивые характеристики, что отражено в техническом описании. Например, размах выходного сигнала (без нагрузки) — от 0 В (земля) до V_{CC} , но максимальные значения ошибки нуля и напряжения смещения составляют 10 мВ по отношению к земле.

Выходной буфер является операционным усилителем (ОУ). Когда-то первые подобные устройства могли начать работу лишь при разности потенциалов между питанием и землей в 2...3 В, и значительным достижением стала разработка усилителя со смещением в пределах нескольких милливольт относительно земли. Некий «гений» маркетинга,

чтобы описать устройство, придумал термин «полный размах напряжения» («rail-to-rail»), который получил распространение в отрасли и стал общеупотребительным. Разработчики аналоговых систем знали, что этот термин не совсем отражает действительность, но он был к ней близок и удобен в произношении.

Обычная схема (рис. 1а) выходного драйвера не может работать при амплитуде входного сигнала, равной разности напряжений между шинами питания, из-за резкого уменьшения тока и пропадания сигнала. На рисунке 1б показан вид схемы, где выходной сигнал с равной напряжению питания амплитудой при небольшой нагрузке может достигать значения «rail-to-rail».

Что касается ЦАП-буфера и ОУ, то при отсутствии нагрузки невозможно сделать для них расчеты, так как не существует измерительного устройства с бесконечным сопротивлением. Кроме того, известно, что любая реальная схема имеет определенные утечки, поэтому выходной сигнал будет стремиться к нулю.

Разница заключается в округлении и определяется тем, насколько точный нужен результат. Рассмотрим плату на рисунке 2. Если взять осциллограф с шагом колебания 5 В (рис. 2а), выходной сигнал будет располагаться между 5 В и землей, поскольку ошибка намного меньше, чем толщина сигнальной кривой. Попробуем произвести измерение мультиметром с восьмизначной индикацией и входным импедансом 1 МОм (рис. 2б). Внезапно сквозь магическое стекло округления становится виден

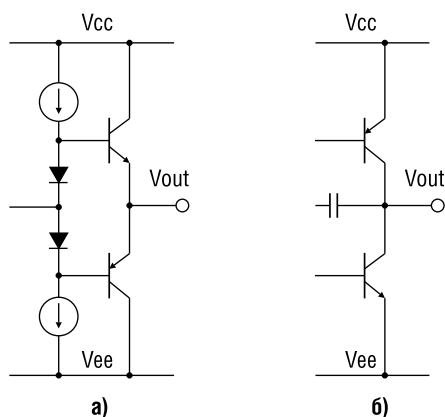


Рис. 1. Выходные каскады: а) обычный выход ОУ; б) выход типа «rail-to-rail»

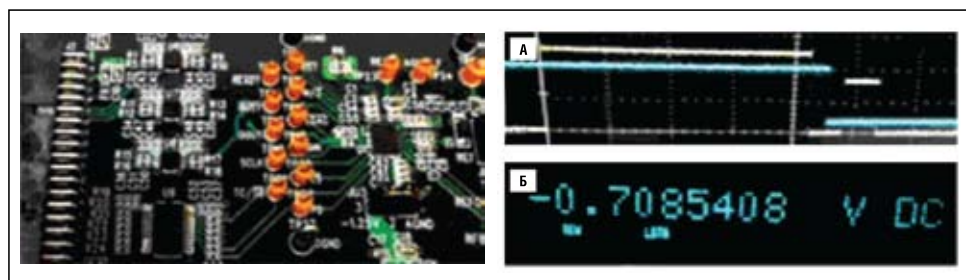


Рис. 2. Тестирование платы: а) показания осциллографа; и б) мультиметра

выходной сигнал, близкий к значению земли, но отнюдь не равный ему, если не применять округления.

Неопытный инженер-разработчик, работающий с цифровыми схемами, увидит это значение и действительно посчитает, что выходной сигнал операционного усилителя равен значению земли. Соответственно, он разработает расположенную вслед за ЦАП схему, которой для того, чтобы функционировать, нужен нулевой сигнал. Хотя на самом деле, на выходе ЦАП будет сигнал порядка нескольких милливольт относительно земли.

Все что угодно, кроме «типового»

К сожалению, доверие к округленным числам не является единственной ловушкой в проектировании, которая может одурачить неопытного (или перегруженного работой) инженера. Помимо этого, не лучшим образом может повлиять и то, что инженер постоянно держит у себя в памяти так называемые типовые спецификации, особенно если разрабатываемое устройство в дальнейшем будет выпускаться серийно. Какой-то добрый друг разработчиков аналоговых схем сказал: «Можно заставить любую схему заработать». Он имел в виду, что можно отобрать компоненты, как на заре транзисторной эпохи, когда схемы работали, только если для них отбирались транзисторы в процессе бета-тестирования. Эту схему можно было настроить вручную, но нельзя было наладить ее промышленное производство.

Понятие «типовой» представляет собой статистический показатель, определяющий некий мифический средний параметр; это классифицирует и определяет некоторую точку в семействе изделий. Но может и не быть никакого конкретного изделия в семействе, характеристика которого равна среднему числу, потому что среднее — массовый, а не индивидуальный параметр. Например, рассмотрим строку чисел: 1, 2, 7 и 10. Сумма всех чисел равняется 20, и деление на 4 дает нам среднее число 5. Строка не содержит числа 5, которое является средним, но она содержит 7,

являющееся ближайшим числом к среднему значению. Это соответствует высказыванию Марка Твена: «Цифры часто обманывают меня, особенно когда я сам привожу их в порядок».

Если зависеть от всех типовых спецификаций на каждое изделие, то может произойти ситуация, когда разрабатываемая схема не будет работать. Так почему же производители полупроводников указывают типовые спецификации в технических описаниях? Они предназначены только для общего руководства. Люди действуют подобным же образом в повседневной жизни. Например, мы можем говорить о дистанции, измеряемой в «длинах автомобиля». Когда-то эксперты по безопасности рекомендовали при езде оставлять пространство между нашим автомобилем и автомобилем, едущим впереди. Они рекомендовали при движении оставлять одну длину автомобиля на каждые 10 миль в час скорости (например, скорость шестьдесят миль в час предполагала безопасную дистанцию в шесть длин автомобиля). Это было общим правилом, а не точным измерением. В конце концов, непонятно, имели ли они в виду длину маленького автомобиля (8 футов/2,6 метра) или длину модели «1956 Cadillac»™ (18,5 футов/5,9 метра)? Сегодня же эксперты в области безопасности рекомендуют наблюдать за автомобилем впереди, когда он проходит фиксированную точку на проезжей части, и отсчитывать по секунде на каждые 10 миль в час. Кто-нибудь брал секундомер для измерения? Возможно, инженер захотел бы измерить наносекунды, а большинство людей просто считало бы себе под нос «один, одна тысяча, два, две тысячи...».

Нужно ли нам строить физический прототип?

Очевидно, что необходимо суммировать различные источники ошибок, чтобы правильно оценить системные ошибки. Вот почему важно использовать руководства по применению, программные калькуляторы и средства разработки в качестве руководства, чтобы правильно оценить точность, погрешность, эффективное число битов (**ENOB**), запрещенные зоны и производительность. Но разработчики должны, обсуждая необходимость физического прототипа, понимать ограничения моделирования схем. (Примечание: дебаты относительно физических прототипов продолжались в течение многих десятилетий, и эта статья не будет последним словом в разговоре.)

Чтобы ускорить процесс моделирования (**SIM**), инженеры часто упрощают устройство модели. Например, это характерно для моделей транзисторов и других деталей в нормальном или прямосмещенном режиме. Это логично, по-

тому что упомянутые режимы наиболее часто используются. Мы рассмотрим старый метод SIM-моделирования под названием «Программа моделирования с упором на интегральные схемы» (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis — SPICE*), аналоговое средство моделирования электронных схем, которое было применено впервые в начале 1970-х в Калифорнийском Университете в Беркли. Типовая транзисторная модель N-P-N-структуры работает с прямосмещенным транзистором, который используется как эмиттерный повторитель или как усилительный каскад.

Линейный прямосмещенный транзисторный эмиттерный повторитель N-P-N-структуры (рисунок 3а) — это то, что смоделировано в стандартной SPICE-модели. На рисунке 3б — стабилитрон (диод Зенера). Когда мы подключаем базу к эмиттеру, транзистор становится стабилитроном, как на рисунке 3в. Может ли SPICE-модель включать в себя режим Зенера? Конечно, но обычно это не нужно, так как это только замедлило и усложнило бы моделирование. Это лишь одно упрощение для ускорения SIM. Во многих случаях линейный режим принимается по умолчанию, и, соответственно, источники питания не указываются. Предполагается, что значения напряжений питания лежат далеко от напряжения сигнала и, таким образом, компоненты схемы никогда не работают в нелинейном режиме. Инженеру необходимо убедиться, что с питанием все в порядке. На практике, прежде чем запускать в работу несколько версий SPICE, необходимо сперва отдельным этапом рассчитать точки смещения для постоянного тока. Это ограничение для транзисторной модели — всего один пример, где моделирование и физические прототипы отличаются; почти все модели минимизированы, чтобы уменьшить сложность и сократить затраты на моделирование или время выполнения.

Помимо вышеизложенного, иногда техническое описание не дает ясности относительно всех параметров. Некоторое время назад я работал в полупроводниковой компании, которая сейчас уже ушла с рынка. Там изготавливали дискретные транзисторы на единой кремниевой подложке. Было два транзистора PNP-типа и три — NPN-типа, которые производились совместно, поскольку были согласованы и хорошо подобраны по температуре. Перед тем, как прототип схемы был изготовлен в виде печатной платы, инженер заметил, что согласование характеристик двух цепей в зависимости от температуры не является достаточно точным. Он решил использовать в интегральной схеме только четыре транзистора. Они

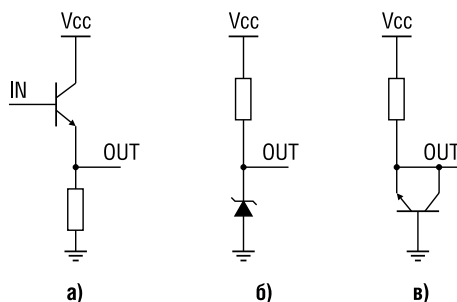


Рис. 3. а - линейный эмиттерный повторитель; б - диод Зенера (стабилитрон); в - транзистор, подключенный как диод Зенера

использовались как два соединенных по схеме Дарлингтона эмиттерных повторителя. Каждая схема использовала один PNP- и один NPN-прибор. Поскольку они были просто эмиттерными повторителями, заменяющими дискретные транзисторные эмиттерные повторители, и время уже поджимало, они не были смоделированы. Когда нам предоставили готовые платы, то, **в принципе**, все работало, согласование характеристик при изменении температуры было приемлемым, но была обнаружена большая ошибка по фазе и по коэффициенту дифференциального усиления. Впервые мы увидели эмиттерный повторитель с дифференциальным усилением, так как дифференциальное усиление обычно происходит в усилителе с общим эмиттером, когда паразитная емкость коллектора изменяет значение с изменением напряжения на коллекторе. Это приводит к изменению коэффициента усиления на высоких частотах по сравнению с аналогичным параметром на низких. Данная ошибка произошла из-за того, что в техническом описании не было указано, что обратно-смещенные диоды, которые изолировали транзисторы от подложки, были варикапами. Варикап, по-другому именуемый «варактором» или «настраивающимся диодом», изменяет емкость в зависимости от напряжения на обратно-смещенном диоде. Это было сюрпризом, который открылся нам с помощью физическо-

го прототипа. Урок заключается в том, что нужно быть очень осторожными при принятии решения не изготавливать прототип. Создание физического прототипа является важным шагом при проектировании. Нужно также не забывать об использовании не только поверхностного монтажа, но и макетов печатных плат. Ваш прототип должен быть лишь первым из трех макетов, и только третий в лучшем случае представит перед приемочной комиссией.

Заключение

Многим из нас посчастливилось иметь в качестве наставников опытных разработчиков аналоговой электроники, которые подобно нашим родителям, бабушкам и дедушкам, напоминали нам о том, что в области электроники, как и в жизни, нет никаких упрощений. Хотя есть соблазн использовать в наших проектах округленные значения, стандартные спецификации и быстрое моделирование, мы должны спросить себя, действительно ли это экономит время в длительной перспективе. Спецификации технических описаний и моделирование не могут конкурировать по значимости с самым большим активом инженера — знаниями и рассуждением.

Литература

1. Подробная информация о Генри Клеэ: http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Clay

2. Tutorial 741, «Rail-to-Rail Outputs and Beyond-the-Rails Inputs: The Inside Story on Micropower»

3. Application note 4428, «Rail-to-Rail: Railroading and the Electronics of Op Amps.»

4. Cadillac length: <http://auto.howstuffworks.com/1956-1958-cadillac-series-sixty-two-eldoradobiarritz.htm>

5. Tutorial 4300, «Calculating the Error Budget in Precision Digital-to-Analog Converter (DAC) Applications»

6. Application note 4003, «Series or Shunt Voltage Reference?»

7. Analog design calculators and emulator: www.maximintegrated.com/tools/calculators/hp50g/

8. Free and low-cost design tools: www.maximintegrated.com/cal

9. SPICE history: <http://en.wikipedia.org/wiki/SPICE>

10. Varicap information: <http://en.wikipedia.org/wiki/Varicap>

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: analog.vesti@compel.ru



Универсальный AC/DC- и DC/DC-преобразователь

MAX17497



Особенности:

- Схема управления с универсальным входом (от 85 до 230 В)
- Понижающий стабилизатор со встроенными MOSFET
- Устройство плавного пуска
- Программируемый ограничитель тока
- Компактный корпус TQFN, 3 x 3 мм.
- Рабочий температурный диапазон -40...125°C

Типовые применения:

- Универсальные AC/DC-источники питания
- Источники питания для систем учета ресурсов
- Промышленные DC/DC-источники питания

Москва
Тел.: (495) 234-7764, доб. 2328
Соколов Андрей
E-mail: a.sokolov@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404, доб. 4231
Романов Олег
E-mail: Romanov.spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

MAX17502 — 60 В, 1 А понижающий DC/DC с высоким КПД



MAX17502 — высокоэффективный понижающий преобразователь постоянного тока, разработан компанией **Maxim Integrated** для широкого спектра применений. Диапазон входных напряжений от **4,5 до 60 В** делает MAX17502 идеальным решением не только для систем промышленной автоматизации, но также и для телекоммуникационного оборудования, потребительской электроники, автомобильных систем, и т.п. MAX17502 имеет выходной ток **1 А**, и фиксированные выходные напряжения **3,3 В** (MAX17502E) или **5 В** (MAX17502F). Точность установки выходного напряжения $\pm 1,6\%$ во всем диапазоне рабочих температур ($-40...125^\circ\text{C}$). Широкий набор встроенных функций значительно упрощает разработку преобразователя питания на основе MAX17502 и позволяет сократить количество внешних компонентов в изделии.

Основные характеристики MAX17502:

- Диапазон входных напряжений от 4,5 до 60 В
- Диапазон выходных напряжений 3,3 В (MAX17502E), 5 В (MAX17502F)
- Выходной ток 1 А
- Встроенная система компенсации обратной связи
- Встроенные силовые pMOS/Nmos ключи
- КПД более 90%
- Фиксированная частота коммутации 600 кГц
- Максимальный потребляемый ток в режиме ожидания 1 мкА
- Встроенная защита от перегрузки
- Встроенная настраиваемая система плавного пуска
- Встроенный контроллер входного напряжения

DS3232M — MEMS-часы реального времени



DS3232M — недорогие, высокоточные часы реального времени со встроенной SRAM-памятью (236 байт) от компании **Maxim Integrated**. Микросхема имеет вход для подключения батареи, что позволяет продолжать отсчет времени даже при отключении внешнего питания. DS3232M выполнена как микроэлектромеханическая система (MEMS) и содержит резонатор, обеспечивающий точность хода часов $\pm 5 \text{ ppm}$ в диапазоне температур от -40 до 85°C .

DS3232M сохраняет информацию о секундах, минутах, часах, дате, месяце и годе. Последние дни месяца автоматически соотносятся с названием месяца, и уточняется количество дней в месяце. Также система хранит информацию о високосных годах.

Часы могут работать в форматах 24 и 12 часов, с индикацией AM/PM. Есть два программируемых будильника с отдельным выводом. Адреса и данные передаются по двуправленной шине I²C. Прецизионный термокомпенсированный источник опорного напряжения и компаратор по напряжению отслеживают значение напряжения питания, чтобы определить момент сбоя по питанию и автоматически переключиться на резервный источник. Также система имеет отдельный вывод RST (reset), на который по нажатию кнопки подается сигнал сброса, совместно со сбросом микроконтроллера.

Применение:

- Автоматизация зданий
- Системы видеонаблюдения высокой четкости
- Промышленное оборудование
- Счетчики расхода ресурсов

MAX2870 — высокопроизводительный широкополосный синтезатор частот



Компания **Maxim Integrated** представляет ультраширокополосный синтезатор частот **MAX2870** с ФАПЧ и интегрированными генераторами, управляемыми напряжением (ГУН), способными работать в режиме целого и дробного множителей частоты. В сочетании с внешним опорным генератором и частотным фильтром MAX2870 является высокопроизводительным синтезатором частот в диапазоне от **23,5 МГц до 6 ГГц**, имеющий при этом превосходные характеристики по уровню паразитных и фазовых шумов.

Сверхширокая полоса генерируемых частот достигается при помощи нескольких интегрированных ГУН, покрывающих диапазон 3...6 ГГц, и выходных делителей с коэффициентами в диапазоне от 1 до 128. MAX2870 имеет также два дифференциальных выходных драйвера, которые можно отдельно запрограммировать на выходную мощность в диапазоне от -4 дБм до $+5 \text{ дБм}$. Оба выхода могут управляться как программным, так и аппаратным способом.

MAX2870 управляется через трехпроводный последовательный интерфейс, совместимый с 1,8 В управляющей логикой. Микросхема поставляется в 32-выводных корпусах TQFN и имеет рабочий температурный диапазон $-40...125^\circ\text{C}$.

Применение:

- Телекоммуникационное оборудование;
- Аппаратура беспроводной связи;
- Измерительная аппаратура;
- Генерация тактовых сигналов.