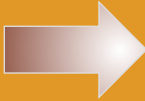




Возвращение к основам
электрических
измерений

Магнитометры:
принцип действия,
компенсация ошибок



ИЗМЕРЕНИЯ

Управление и цветная графика
с использованием
микроконтроллерных модулей
компании Терраэлектроника

Оборудованный счетчик провода:
беспроводные решения
диапазона < 1 ГГц
от Texas Instruments

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Сентябрь 2012

Оформление бесплатной подписки:

www.rlocman.ru/magazine

ОГЛАВЛЕНИЕ

НОВОСТИ

Agilent Technologies анонсировала 14 портативных анализаторов с точностью настольных приборов	5
ОУ, компаратор и ИОН в микросхемах Touchstone Semiconductor потребляют 1.5 мкА при напряжении питания 0.8 В	7
Ресурсов ветра достаточно, чтобы многократно удовлетворить потребности человечества в энергии	8
Texas Instruments представляет первые в мире программируемые дифференциальные усилители	9
Agilent Technologies представляет самые скоростные в мире векторные генераторы сигналов	11
Назад в будущее: IBM и ST разрабатывают логические схемы на нанореле	13
Sharp представила полупрозрачные солнечные панели	14
Peregrine Semiconductor расширяет семейство особо линейных высокочастотных ключей	15
Hitachi продемонстрировала кусочек стекла, на котором можно хранить данные вечно	16
Mediatek выпустит 8-ядерный чип MT6599 с поддержкой LTE в первом квартале 2013 года	17
ON Semiconductor выпустила новые многоканальные микросхемы управления питанием	18
Samsung выпускает ОЗУ LPDDR3 объемом 2 ГБ для мобильных устройств следующего поколения	20

СТАТЬИ

Возвращение к основам электрических измерений	21
Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок	31
Радиочастотные микросхемы в решениях для систем контроля давления в шинах	39
Оборви счетчику провода: беспроводные решения диапазона < 1 ГГц от Texas Instruments	43
Управление и цветная графика с использованием микроконтроллерных модулей компании Терраэлектроника	58
Способы уменьшения тепловыделения в одноконтурных трансформаторных конвертерах. Часть 1	64
Обзор бюджетного 6-дюймового букридера PocketBook Basic New	71

СХЕМЫ

Четыре логических пробника на одной КМОП микросхеме. Часть 1	73
SimpleCortex – отладочная плата, совместимая с Arduino. Часть 2	77
Простой транзисторный ключ позволяет определить неисправность термопары	81

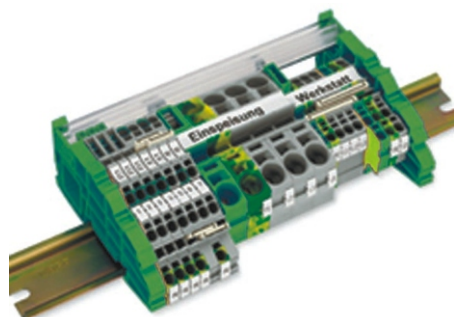
настоящее немецкое качество



контрольно-
измерительное
оборудование



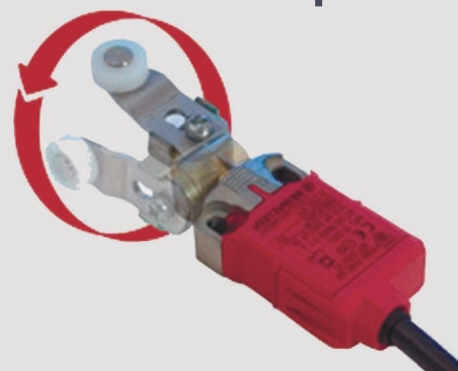
инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат



промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

WWW.DECIMA.RU

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

Agilent Technologies анонсировала 14 портативных анализаторов с точностью настольных приборов

Agilent Technologies анонсировала семейство FieldFox, состоящее из 14 портативных анализаторов, имеющих точность настольных приборов. Разработанные для эксплуатации в тяжелых условиях окружающей среды и в труднодоступных местах, анализаторы FieldFox могут использоваться во множестве приложений, включая спутниковую связь, СВЧ ретрансляторы и радиолокационные системы.

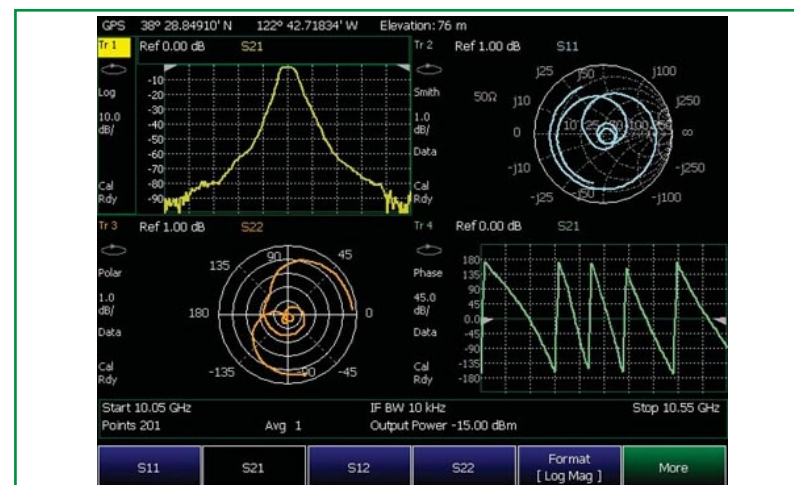


СВЧ приборы FieldFox могут быть сконфигурированы, как кабельно-антенные анализаторы, анализаторы спектра, векторные анализаторы сетей, или же, как все три прибора в одном. Каждый прибор, в компактном корпусе весом 3.0 кг выпускается в вариантах для четырех частотных диапазонов: 9, 14, 18 или 26.5 ГГц.

Рассчитанный на продолжительную работу в сложных полевых условиях, полностью герметичный корпус отвечает требованиям стандарта U.S. MIL-PRF-28800F Class 2. Для удобства использования прибор выполнен в вертикальной «портретной» ориентации и снабжен крупными кнопками, уверенно нажимать которые можно даже в перчатках.



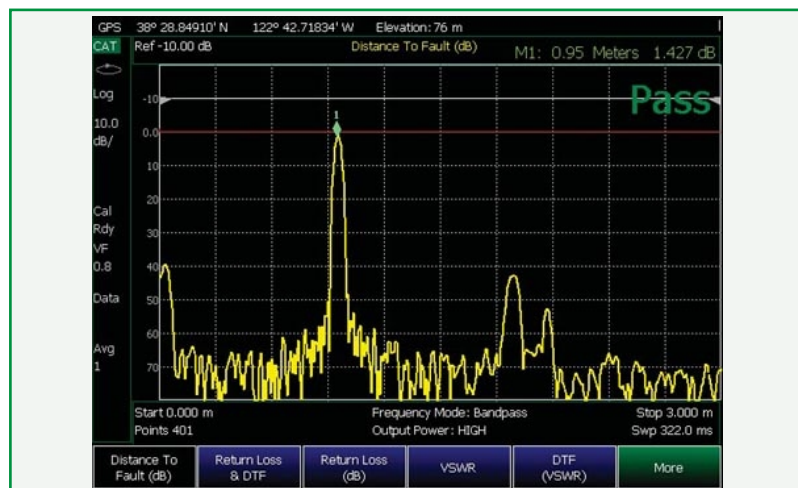
СВЧ векторные анализаторы сетей FieldFox обеспечивают полное измерение S-параметров двухпортовых устройств при исключительно низком уровне шума развертки (± 0.004 дБ) и динамическом диапазоне 94 дБ (вплоть до частоты 18 ГГц). Анализаторы впервые в отрасли оснащены функцией



Векторный анализатор сетей

QuickCal, позволяющей очень просто выполнять калибровку прибора без использования каких-либо дополнительных аксессуаров. Для калибровки любых других приборов аналогичного назначения потребовались бы кабельные перемычки для подключения к тестовым портам и внешний калибровочный набор.

СВЧ анализаторы спектра FieldFox отличаются лучшей в отрасли амплитудной неопределенностью, составляющей не более ± 0.5 дБ сразу после включения прибора, и не нуждаются в прогреве, что исключительно важно при необходимости постоянного и точного контроля мощности передатчика в полевых условиях. При спектральной плотности фазовых шумов 111 дБн/Гц (при отстройке 10 кГц) и способности измерять низкоуровневые сигналы в присутствии мощных излучений передатчиков в свободном от паразитных составляющих динамическом диапазоне (SFDR) 105 дБ, анализаторы могут обнаруживать в полосе обзора больше сигналов, чем любые другие аналогичные приборы.



Анализатор кабелей и антенн

Базовой функцией комбинированного прибора является анализ кабелей и антенн, однако пользователь может сконфигурировать

прибор для анализа спектров и векторного анализа сетей. При необходимости максимально сократить объем полевого оборудования, FieldFox могут быть заказаны со встроенным измерителем мощности, независимым генератором сигналов, векторным вольтметром, анализатором помех, регулируемым источником постоянного напряжения, частотомером и приемником GPS.



Встроенный измеритель мощности

Среди 14 моделей семейства FieldFox появились два новых комбинированных прибора ВЧ диапазона: N9913A (4 ГГц) и N9914A (6.5 ГГц). Эти модели расширяют уже существующую линейку ВЧ приборов Agilent, включающую высокоинтегрированный анализатор N9912A (4 или 6 ГГц) и особо точный векторный анализатор сетей N9923A (4 или 6 ГГц).



Цены и доступность

Новые модели уже доступны для приобретения в любой стране мира. Цены начинаются

с \$13,000 за базовую модель с диапазоном частот 9 ГГц.

В состав семейства входят:

- Комбинированные СВЧ анализаторы FieldFox: N9915A (9 ГГц), N9916A (14 ГГц), N9917A (18 ГГц) и N9918A (26.5 ГГц).
- СВЧ векторные анализаторы сетей FieldFox: N9925A (9 ГГц), N9926A (14 ГГц), N9927A (18 ГГц) и N9928A (26.5 ГГц).
- СВЧ анализаторы спектра FieldFox: N9935A (9 ГГц), N9936A (14 ГГц), N9937A (18 ГГц) и N9938A (26.5 ГГц).
- Комбинированные высокочастотные анализаторы FieldFox: N9913A (4 ГГц) и N9914A (6.5 ГГц)

ОУ, компаратор и ИОН в микросхемах Touchstone Semiconductor потребляют 1.5 мкА при напряжении питания 0.8 В

Touchstone Semiconductor анонсировала две новые микросхемы TS12011 и TS12012 с типовой потребляемой мощностью 0.9 мкВт, каждая из которых содержит операционный усилитель (ОУ), компаратор и источник опорного напряжения (ИОН).

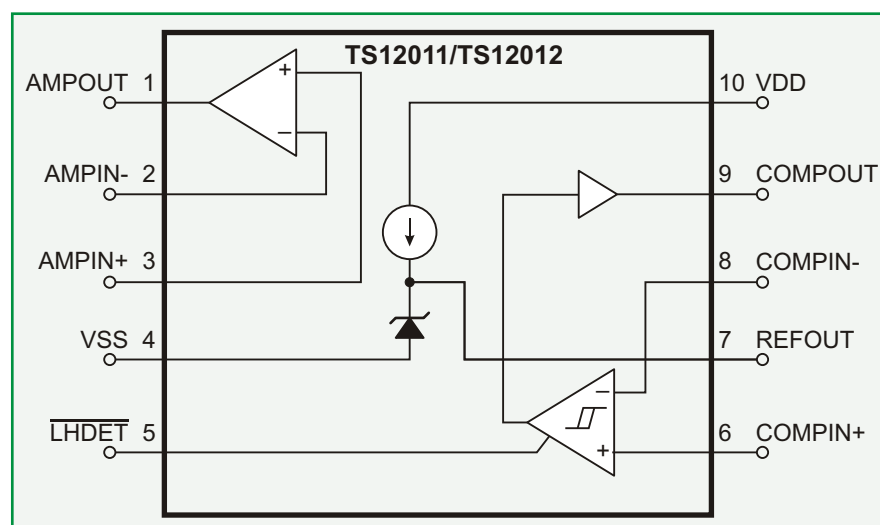
Сокращенное в десять раз потребление мощности и сниженное до 0.8 В напряжение питания впервые дают возможность использовать микросхемы в постоянно включенных устройствах с питанием от одноэлементных батарей.

Обе микросхемы содержат в одном корпусе ИОН с напряжением 0.6 В, компаратор с быстродействием 20 мкс и скорректированный до единичного усиления ОУ. TS12011 имеют двухтактный выход, а TS12012 – выход с открытым стоком.



Как аналоговый компаратор, так и ОУ имеют rail-to-rail входные каскады. Для чистого, бездребезгового переключения выхода компаратор снабжен гистерезисом 7.5 мВ. Внутренний ИОН может отдать в нагрузку втекающий или вытекающий ток до 0.1 мкА.

TS12011 и TS12012 идеально подойдут для низкочастотных систем с батарейным питанием, таких, как датчики систем сигнализации, детекторы дыма, инфракрасные приемники дистанционного управления, измерительные приборы, считыватели штрих-кодов, карт-ридеры и многие другие устройства.



Функциональная схема TS12011/TS12012

Основные технические характеристики:

- ОУ с наноамперным потреблением, компаратор и источник опорного напряжения 0.6 В в одном корпусе площадью 4 мм²
- Ультранизкий общий ток потребления: не более 1.6 мкА
- Напряжение питания от 0.8 В до 2.5 В
- Внутренний источник опорного напряжения 0.6 В
- Rail-to-rail входы ОУ и компаратора
- Коэффициент усиления ОУ 110 дБ
- ОУ скорректирован до единичного усиления
- ОУ rail-to-rail выходом и гарантией отсутствия переворота фазы
- Внутренний гистерезис компаратора 7.5 мВ
- Время переключения компаратора 20 мкс
- Компаратор с защелкой и сбросом
- TS12011: двухтактный rail-to-rail выход
- TS12012: выход с открытым стоком для организации проводного «ИЛИ» или для приложений со смешанным напряжением питания

Все параметры TS12011 и TS12012 нормируются для температурного диапазона от –40 °С до +85 °С. Обе микросхемы выпускаются в 10-выводном низкопрофильном корпусе TDFN площадью 2 2 мм.

TS12011 и TS12012 находятся на складе и готовы к немедленной отгрузке. При объеме заказа не менее 1000 единиц микросхемы продаются по цене \$1.70 за штуку.

Инженерам, желающим протестировать новые микросхемы, предоставляются бесплатные образцы и бесплатные демонстрационные платы.

Ресурсов ветра достаточно, чтобы многократно удовлетворить потребности человечества в энергии

Чтобы полностью удовлетворить потребности человечества, вполне достаточно лишь энергии ветра. Атмосферные турбины, вращающиеся под воздействием постоянных и быстрых потоков ветра, дующих на больших высотах, могут вырабатывать больше энергии, чем наземные и шельфовые турбины. В новом исследовании Кена Калдейры (Ken Caldeira) из Университета Карнеги приводится оценка максимального количества энергии, которое может быть выработано ветрогенераторами, а также рассматривается воздействие высотного сбора энергии на климат Земли.

Команда ученых из Ливерморской национальной лаборатории во главе с Кейт Марвел (Kate Marvel), начинавшей эти исследования в Университете Карнеги, использовала моделирование для количественного определения электроэнергии, вырабатываемой как с помощью приповерхностных, так и атмосферных ветров, дующих на больших высотах. К приповерхностным ветрам ученые отнесли те потоки воздуха, которые доступны для турбин, находящихся на земле или на морском шельфе. Высотными считаются такие ветры, доступ к которым может быть получен с помощью



технологии объединения турбин и воздушных змеев. В исследовании рассматривались лишь геофизические ограничения таких технологий, технические или экономические факторы в расчет не принимались.

Турбины препятствуют перемещению воздуха, создавая сопротивление, снижающее движущую силу ветра, что приводит к его замедлению. При увеличении количества ветрогенераторов количество вырабатываемой электроэнергии также увеличивается. Но в какой-то момент ветры станут замедлены настолько, что добавление новых генераторов не приведет к росту выработки энергии. Исследование было сосредоточено на поиске точки, в которой количество вырабатываемой энергии максимально.

Используя модели, исследователи смогли определить, что с помощью наземных турбин можно получить более 400 ТВт энергии, а за счет высотных потоков воздуха – более 1800 ТВт.

Сегодня человечество потребляет около 18 ТВт энергии. Ветры, дующие у поверхности Земли, могут двадцатикратно удовлетворить наши потребности в энергии, а атмосферные потоки – стократно.

При максимальных уровнях извлечения энергии ветра последствия для климата могли бы быть весьма пагубными. Однако, как показали исследования, при сегодняшнем уровне потребности в энергии влияние ветрогенераторов будет незначительным, тем более, при равномерном распределении турбин по поверхности Земли, а не сосредоточении их в нескольких отдельных регионах. При этом температура может измениться всего на 0.1 °C, а влияние на осадки будет в пределах одного процента. В целом, воздействие на окружающую среду не будет существенным.

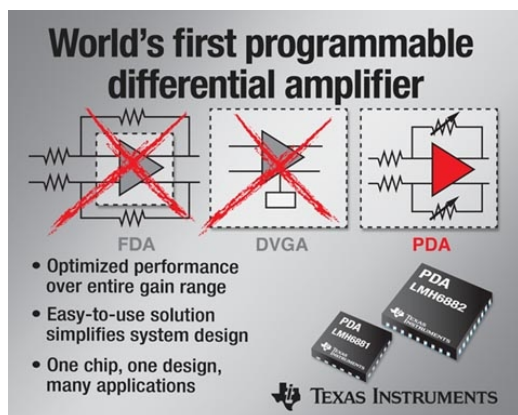
Но, по мнению Калдейры, рост ветроэнергетики во всем мире будут, скорее всего, определять не геофизические ограничения, а технологические и политические факторы.

Texas Instruments представляет первые в мире программируемые дифференциальные усилители

Конфигурируемые ПДУ обеспечат оптимальный уровень шума и искажения сигнала во всем диапазоне усиления

Компания Texas Instruments представила первые в мире программируемые дифференциальные усилители (ПДУ). 2.4-гигагерцовый одноканальный ПДУ LMN6881 и 2.4-гигагерцовый двухканальный ПДУ LMN6882 обеспечивают оптимальные показатели шума, искажений и широкополосности в диапазоне усиления от 6 до 26 дБ, что упрощает создание приложений с дифференциальными

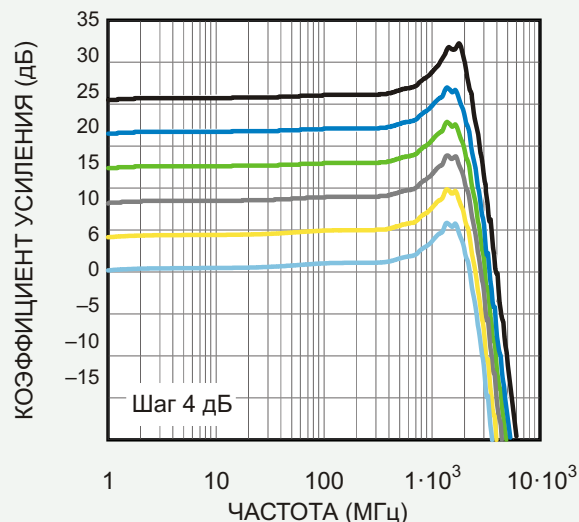
ми усилителями. Проектирование систем с ПДУ увеличивает гибкость и значительно сокращает время разработки, размер готового устройства и стоимость компонентной базы для различных приложений.



ПДУ сочетают в себе свойства полностью дифференциальных усилителей и цифровых усилителей с изменяемым коэффициентом передачи. Это позволит инженерам без труда модифицировать свои проекты путем изменения коэффициента усиления без необходимости использования внешних подстроечных резисторов, замены усилителей или перенастройки и оптимизации каждого усилительного каскада. По сравнению с обычными цифровыми усилителями с изменяемым коэффициентом, ПДУ компании TI меньше шумят и меньше искажают сигнал во всем диапазоне коэффициентов усиления. Программируемое изменение коэффициента усиления в LMH6881 и LMH6882 устраняет необходимость в резисторах установки усиления, порождающих дополнительные ошибки, что позволяет создавать более надежные системы для таких приложений, как медицинское, измерительное и военное оборудование, беспроводные средства связи и микроволновые печи.

Ключевые особенности LMH6881 и LMH6882:

- Оптимизированные характеристики. Оба устройства обладают отличными шумовыми характеристиками и отличаются минимальными вносимыми искажениями во всем диапазоне усиления. Параметры при максимальном усилении (26 дБ) и частоте входного сигнала 100 МГц следующие:
 - коэффициент шума: 9.7 дБ,
 - выходная точка пересечения интермодуляции третьего порядка (OIP3): 44 дБм,
 - нелинейные искажения третьего порядка (HD3): –100 дБн.
- Простота в использовании. Изменить коэффициент усиления можно через интерфейс SPI или с помощью специальных выводов, при этом не требуется подключения внешних резисторов.
- Малое рассогласование в двухканальном усилителе. В LMH6882 рассогласование по усилению между каналами не превышает 0.2 дБ, а по фазе – 1.5°.
- Работа с высококачественными АЦП. Возможность работы с такими высокоскоростными АЦП, как
 - 8-разрядный одноканальный ADC083000,
 - 10-разрядный двухканальный ADC10D1500,
 - 12-разрядный двухканальный ADC12D1800RF,
 - 14-разрядный одноканальный ADS4149



Частотные характеристики усилителя, шаг 4 дБ

Доступность и цена:

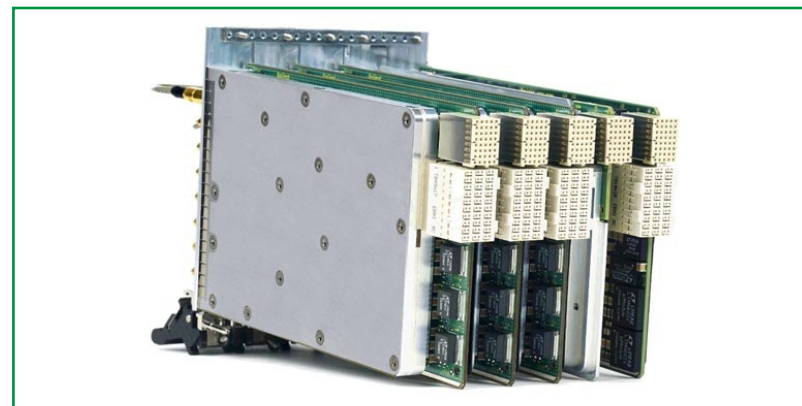
Одноканальные ПДУ LMN6881 уже выпускаются в 24-выводном корпусе QFN размером 2.6 2.6 мм и продаются по цене \$3.71 за штуку в партии от 1000 компонентов. Двухканальные ПДУ LMN6882 также серийно выпускаются в 36-выводном корпусе QFN 4.6 4.6 мм и предлагаются по цене \$5.95 за единицу при покупке не менее 1000 штук.

Agilent Technologies представляет самые скоростные в мире векторные генераторы сигналов

Эксклюзивная технология перестройки генераторов уменьшает время переключения до 10 мкс и ускоряет процесс изме-

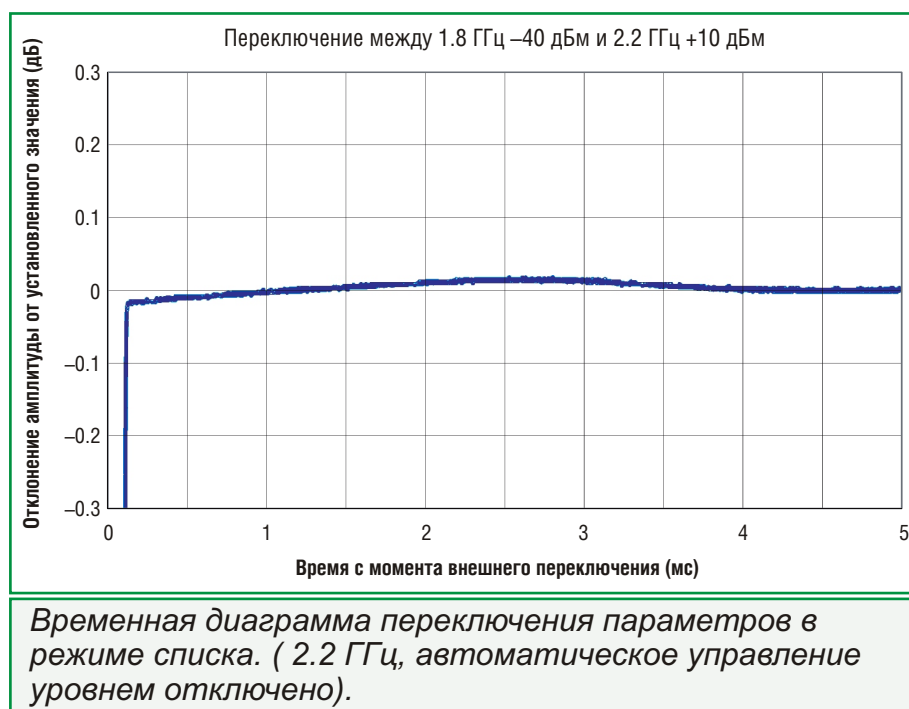
Agilent Technologies представила самые быстродействующие в мире векторные генераторы сигналов в форм-факторе PXI Express

(PXIe). Предназначенные для тестирования радиочастотных устройств, приборы M9381A, в зависимости от варианта исполнения, работают в диапазонах 1 МГц...3 ГГц или 1 МГц...6 ГГц. Генераторы отличаются малым временем установления параметров и отличными характеристиками на высоких частотах: большой выходной мощностью, высокой линейностью, потрясающим значением коэффициента ACPR (ослабление мощности по соседнему каналу) для уровней выхода от 10 дБм и широкой полосой модуляции (до 160 МГц).



Прибор M9381A создан компанией Agilent для таких приложений, как тестирование и проверка беспроводных усилителей мощности и приемопередатчиков, оборудования служб общественной безопасности, армейских средств коммуникаций и базовых стан-

ций сотовой связи (прежде всего, пико- и фемтоячеек). Новые векторные генераторы сигналов PXIe, выполняя больше тестов за меньшее время, позволяют снизить стоимость измерений. Благодаря разработанной Agilent эксклюзивной технологии перестройки генераторов переключать частоту и амплитуду можно всего за 10 мкс в режиме списка и за 250 мкс при программировании через внешний интерфейс. Дополняют список замечательных свойств новых приборов отличная линейность и высочайшая воспроизводимость характеристик.



Универсальный режим списка позволяет увеличить скорость переключения и повысить гибкость использования генераторов, предоставляя инженерам возможность изменения более 80 параметров, включая частоту, выходную мощность и модулирующий сигнал при длине списка до 3201 точки.

С помощью векторного генератора сигналов Agilent M9381A инженеры смогут тестиро-

вать широкополосные усилители мощности, высокочастотные узлы телекоммуникационной аппаратуры, приемопередатчики и многое другое, как при стандартной полосе модулирующих частот 40 МГц, так и с использованием дополнительных опций, расширяющих полосу ВЧ модуляции до 100 или 160 МГц. При этом диапазоны производимой в реальном времени коррекции неравномерности уровня составляют ± 0.1 , ± 0.2 и ± 0.3 дБ, соответственно.

Отличное качество модуляции и большая выходная мощность позволяют, в зависимости от требуемого стандарта, использовать генератор M9381A при уровнях мощности до +10 дБм и выше при очень незначительном ухудшении коэффициента ACPR. Это дает инженерам инструмент непосредственного воздействия на исследуемые системы, не требующий использования дополнительных усилителей для компенсации потерь. На тестовой модели (W-CDMA 1, 64 DPCH) ACPR генератора M9381A равен –70 дБн. Выходная мощность, вплоть до уровня +19 дБм, может прецизионно устанавливаться с шагом ± 0.4 дБ.

Векторный генератор M9381A имитирует реальные сложные коммуникационные сигналы с помощью созданного Agilent программного пакета Signal Studio – гибкого комплекта средств формирования сигналов, обеспечивающего поддержку даже таких стандартов, как LTE и 802.11ac.

Разработанная Agilent уникальная система калибровки, состоящая из аппаратных и программных компонентов, сокращает до минимума время ремонта и настройки и максимально увеличивает период безотказной работы.

С выпуском векторного генератора сигналов M9381A количество предлагаемых Agilent модульных устройств в форматах PXI и AXIe превысило 60.

Цены и доступность

Генераторы M9381A уже продаются в следующей комплектации:

- цифровой векторный модулятор M9311A,
- синтезатор M9301A,
- формирователь выходного сигнала M9310A,
- источник опорной частоты M9300A.

Цены начинаются от \$25,663 для базовой конфигурации. В цену входит обновление лицензионного ключа для расширения полосы модуляции и увеличения частоты, объема памяти, выходной мощности и скорости переключения. Четыре векторных генератора сигналов могут быть собраны в PXI шасси на 18 посадочных мест.



Источник непрерывных колебаний M9380A, представляющий собой версию прибора без цифрового векторного модулятора M9311A, также может быть приобретен по цене \$19,000 (в базовой конфигурации) с обновлением лицензионного ключа для расширения частотного диапазона и увеличения выходной мощности. Гибридное PXI шасси

M9018A и встроенный контроллер M9036A идеально подойдут для сборки любой из двух конфигураций.

Назад в будущее: IBM и ST разрабатывают логические схемы на нанореле

Peter Clarke

EE Times Asia

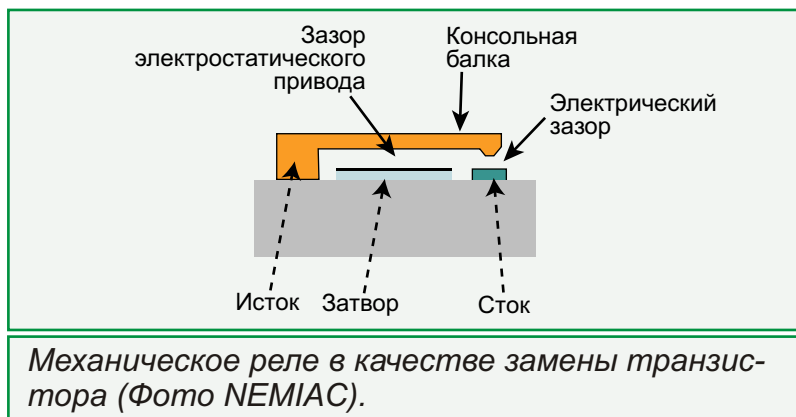
Возвращаясь в эпоху электромеханических вычислительных устройств двадцатого столетия, IBM и STMicroelectronics ведут совместную работу по созданию маломощных процессоров на основе наноразмерных механических реле.

Сочтя эту идею заслуживающей внимания, Еврокомиссия назначила отделение IBM Research – Zurich ответственным за координацию и выполнение проекта, конечной целью которого должна стать разработка совместимой с КМОП процессом технологии изготовления логических элементов, основанных на наноразмерных реле. Преимуществом таких устройств будет значительно меньшая мощность, потребляемая в выключенном состоянии, так как токи утечки будут существенно снижены.

Наряду с IBM и STMicroelectronics в работах принимают участие академические исследователи из Федеральной политехнической школы Лозанны (Швейцария), Королевского Технологического института (Швеция), а также университетов Бристоля и Ланкастера.

Бюджет совместного трехлетнего исследовательского проекта составляет 3.96 млн. евро, из которых 2.44 млн. выделены Европейской комиссией.

Актуальность исследований продиктована тем, что вследствие миниатюризации транзисторов потери мощности, обусловленные токами утечки, сравнялись с активной мощностью потребления, что стало препятствием на пути многих динамично развивающихся приложений, таких, как узлы автономных датчиков, беспроводная связь и мобильные вычисления.



Проект NEMIAS (Nano-Electro-Mechanical Integration And Computation – Нано-электромеханические интегральные схемы и вычисления) нацелен на развитие технологических процессов, получивших название NEMS (nano-electromechanical switches – нано-электромеханические переключатели), предназначенных для создания элементной базой перспективных встроенных систем путем объединения 3D и КМОП узлов в одной микросхеме. Исследователям предложено доказать, что разрабатываемая технология, в сравнении с традиционным КМОП процессом, позволит улучшить энергоэффективность приборов без ущерба для остальных характеристик. Кроме того, как ожидается, новые

устройства будут отличаться повышенной радиационной стойкостью и расширенным диапазоном рабочих температур.

Предполагается, что площадь реле не превысит 3–3 мкм, а время переключения составит порядка 10 нс. До перехода к коммерческому внедрению новой технологии ученым предстоит решить очень важную задачу, предоставив убедительные доказательства надежности нано-реле и их способности выдерживать миллиарды переключений.

В рамках проекта планируется создать ряд цифровых логических устройств, демонстрирующих возможности использования инновационной архитектуры для маломощных приложений.

Параллельно будут разрабатываться методики проектирования и моделирования для формирования пространства проектных параметров и оценки возможностей небольшого микропроцессора.

Sharp представила полупрозрачные солнечные панели

Компания Sharp представила полупрозрачные солнечные панели, способные преобразовывать одну часть солнечного света в энергию, а другую часть пропускать через себя. Новые панели не в состоянии вырабатывать столько же электричества, как обычные солнечные элементы, но их эстетические особенности позволяют использовать их для остекления внутренних дворики, для обустройства прозрачных крыш и даже окон.

Эти черные фотогальванические панели имеют размеры 1.37 м в ширину и 0.97 м в высоту, а их толщина составляет всего лишь 0.94 см. Каждая панель обладает КПД 6.8% при мощности 98 Вт, что является далеко не впечатляющим показателем в сравнении со стандартом современных панелей в 10-20%, но учитывая, что энергия будет предоставляться бесплатно (конечно, после того, как установка окупится), это лучше, чем ничего.



Кроме преобразования энергии новые панели, благодаря своей уникальной конструкции, могут выступать в роли теплового щита. Вырабатывающие электроэнергию ячейки помещены внутрь слоистой структуры из стекла, где воздушная прослойка действует как тепловой барьер.

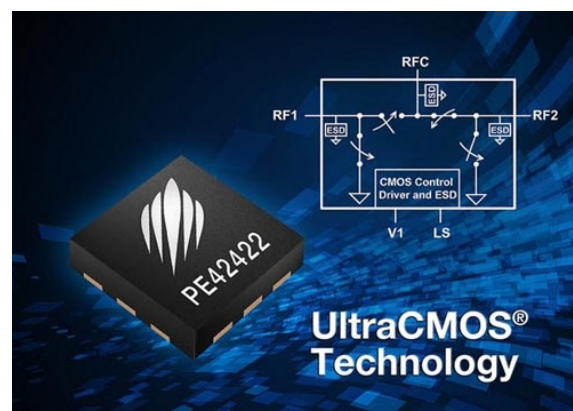
В международном пресс-релизе отмечается, что эти панели уже выиграли, по крайней мере, одну награду за лучшую конструкцию. Компания начнет их производство в Японии с 1 октября 2012 года. Sharp еще не указала те страны, куда они будут экспортироваться, и не сообщила стоимость этого продукта.

Peregrine Semiconductor расширяет семейство особо линейных высокочастотных ключей

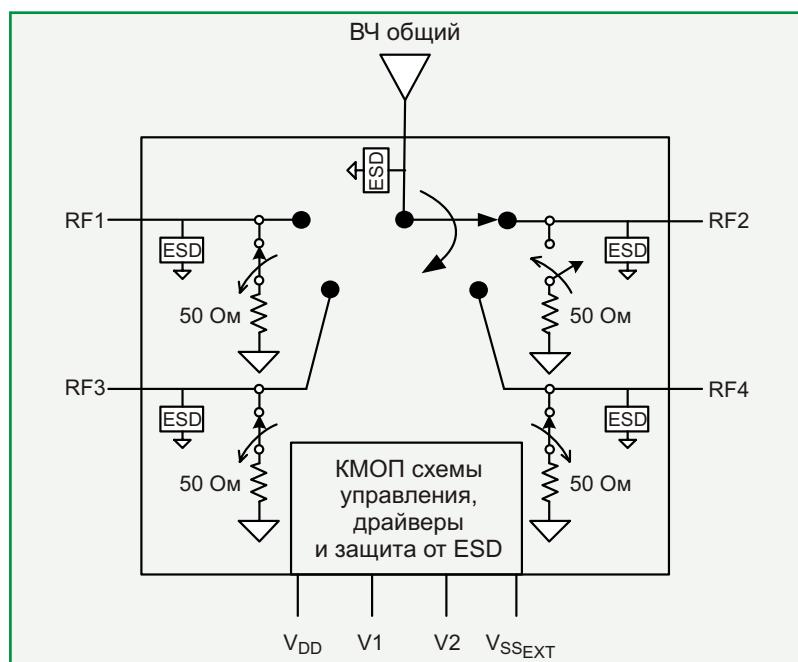
Выпускаемые в корпусах размером 2 × 2 мм микросхемы PE42422 предназначены для портативного беспроводного оборудования и множества других высокочастотных приложений диапазона 100 МГц ... 6 ГГц

Peregrine Semiconductor сообщила о расширении семейства особо линейных высокочастотных ключей с низкими вносимыми потерями, выпускаемых по усовершенствованной технологии HaRP. SPDT ключи PE42422 имеют следующие основные параметры:

- точка пересечения интермодуляции второго порядка (IP2) – 115 дБм,
- точка пересечения интермодуляции третьего порядка (IP3) – 70 дБм,
- вносимые потери на частоте 3 ГГц – 0.4 дБ,
- изоляция на частоте 3 ГГц – 28 дБ,
- точка компрессии при уровне выхода –0.1 дБ – +36 дБм.



При номинальном напряжении питания +3 В микросхемы могут работать в диапазоне частот от 100 МГц до 6 ГГц. PE42422 изготавливаются в малогабаритном корпусе QFN размером 2 × 2 мм и хорошо подходят для использования в качестве высокочастотных ключей общего назначения в таких приложениях, как коммутация банков фильтров в измерительном оборудовании и базовых станциях.



Функциональная схема PE42422

Содержащий низковольтную КМОП логику 50-омный отражающий ключ PE42422 работает в диапазоне напряжений питания от 2.3 до 5.5 В и может использоваться в широчайшем спектре приложений. Высокочастотные выводы микросхемы защищены от электростатических разрядов (ESD) до 4 кВ (модель человеческого тела), что не только увеличивает надежность оборудования, но и упрощает процесс его производства. Низкая рассеиваемая мощность (типовой ток потребляемая 120 мкА) позволяет увеличить ресурс батарей в портативных устройствах.

Средства поддержки разработки

Для разработчиков, желающих изучить возможности новых микросхем и ускорить их внедрение в серийную продукцию, предлагаются оценочные наборы EK42422-01, которые можно приобрести за \$95.00.

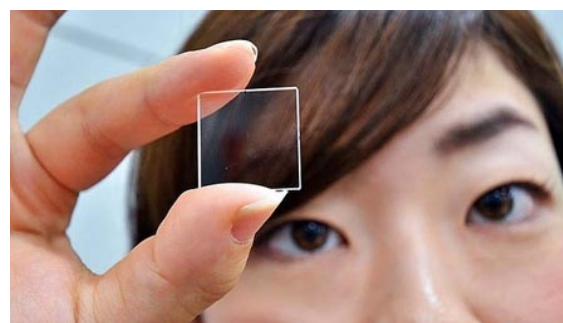
Доступность и цена

Ключи PE42422 выпускаются в 12-выводных корпусах QFN размером 2 × 2 мм, и при объеме партии 10,000 шт. продаются по цене \$0.83 за прибор. Микросхемы и оценочные наборы можно заказать через глобальную сеть торговых представителей и международных дистрибьюторов Peregrine.

Hitachi продемонстрировала кусочек стекла, на котором можно хранить данные вечно

Компания Hitachi продемонстрировала метод хранения цифровой информации на кусочке кварцевого стекла, способном противостоять сверхвысоким температурам и неблагоприятным условиям окружающей среды практически вечно.

Вероятность потерь информации возрастает. Срок хранения данных на современных



накопителях, таких как компакт-диски и винчестеры, составляет десятилетия или, максимум, один век. А стремительное развитие технологий привело к частой смене типов накопителей.

Новая технология Hitachi позволяет хранить данные в двоичной форме за счет создания точек внутри тонкого слоя кварцевого стекла, которые могут быть считаны с помощью обычного оптического микроскопа. Достаточно лишь иметь компьютер, понимающий двоичные данные, и записанная на таком накопителе информация всегда будет читаемой.

Прототип нового запоминающего устройства представляет собой квадрат толщиной два миллиметра с длиной стороны два сантиметра. Он сделан из кварцевого стекла – надежного и упругого материала, применяемого для изготовления колб и прочих лабораторных инструментов.

Чип устойчив к воздействию многих химических веществ, а также радиоволн. Он может быть помещен в сильное пламя и нагреваться в течение двух часов до 1000 °C, не получив в итоге никаких повреждений. Новый чип также водостоек, иными словами, он может пережить такие катастрофы, как цунами или пожары. Разработчики уверены, что данные будут храниться до тех пор, пока это прочное стекло не разобьется.

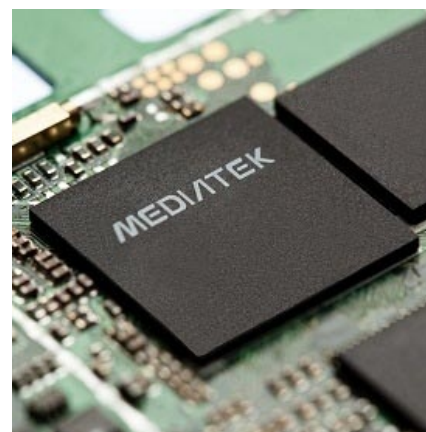
На данный момент материал состоит из четырех слоев точек, в которых можно хранить 40 Мбайт на квадратный дюйм, что примерно равно плотности записи на музыкальном компакт-диске. Но, по утверждению исследователей, увеличение количества слоев не представляет сложности.

Hitachi не решила, когда выпустит чип для практического использования, но начать

исследователи могли бы с записи информации для правительственных ведомств, музеев и религиозных организаций.

Mediatek выпустит 8–ядерный чип MT6599 с поддержкой LTE в первом квартале 2013 года

Молодая китайская фаблес-компания Mediatek объявила намерении выпустить свою первую четырехъядерную систему-на-кристалле (SoC) под названием MT6588 в четвертом квартале 2012 года, а с первого квартала 2013 года начать производство первой в мире 8-ядерной SoC MT6599 на базе процессора ARM.



Обе SoC, предназначенные для китайских производителей мобильных устройств, будут поддерживать LTE, TD-SCDMA и WCDMA. MT6588 является четырехъядерной моделью с ядрами Cortex-A7, тактируемые частотой 1 ГГц и выполненными по 28-нм технологии. Это означает, что восьмиядерная SoC также может быть основана на процессорах A7.

К другим заявленным особенностям можно отнести использование графического процессора PowerVR SGX544 компании Imagination Technologies (такой же применяется в чипах A5X и A6 компании Apple), поддержку 13-мегапиксельного датчика изображения и цену до \$20.

Несмотря на широкое присутствие на китайском рынке планшетов и смартфонов, Mediatek еще недостаточно известна в Европе и США, где лучше представлены такие игроки, как Allwinner или Rockchip.

ON Semiconductor выпустила новые многоканальные микросхемы управления питанием

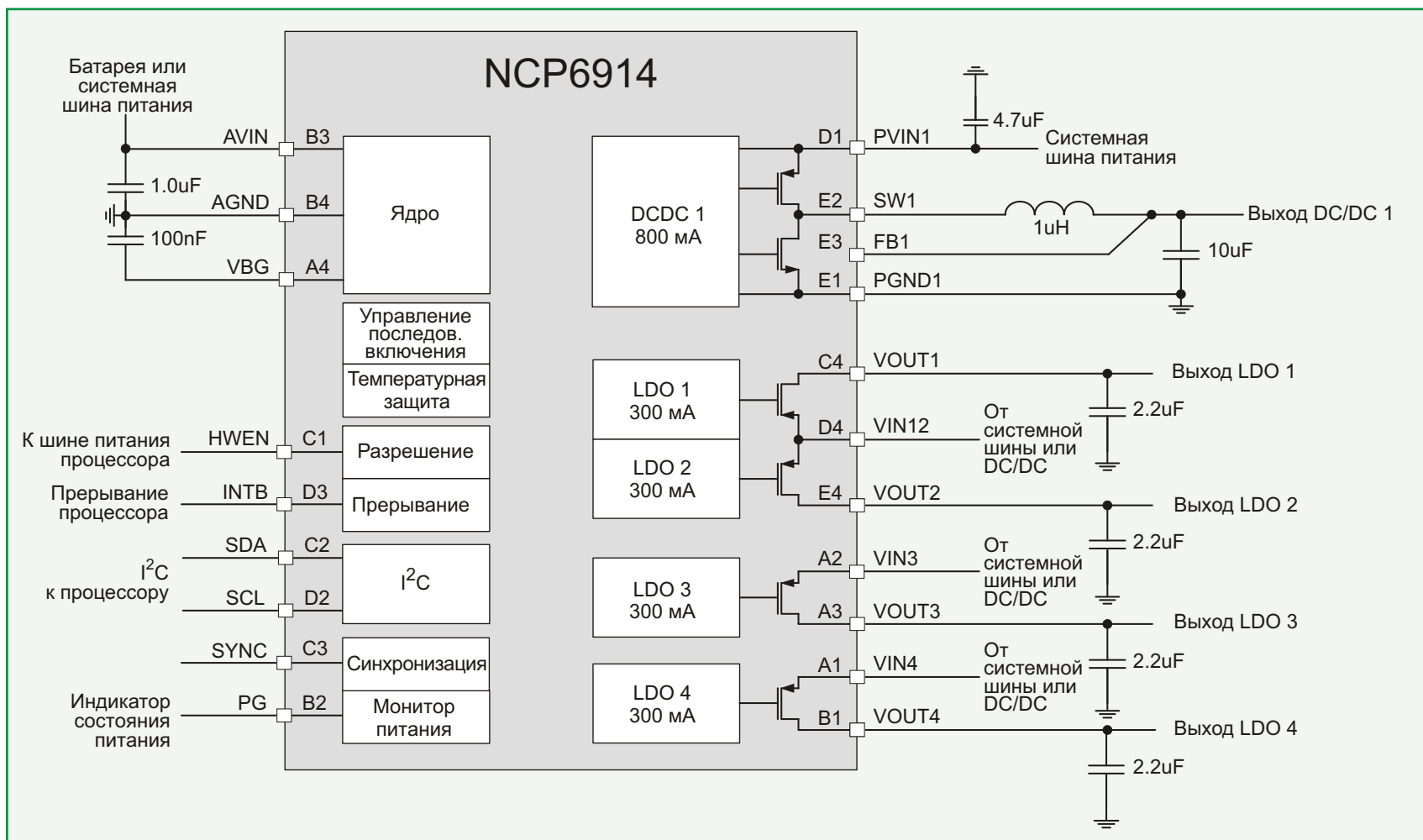
Интегрированные LDO стабилизаторы увеличивают энергетический КПД, а возможность программирования по шине I²C обеспечивает максимальную гибкость при разработке смартфонов, планшетных компьютеров, цифровых камер и GPS навигаторов

ON Semiconductor представила две новые микросхемы управления питанием, оптимизированные для работы в приборах с батарейным питанием – в смартфонах, планшетных компьютерах, цифровых камерах, GPS навигаторах и других портативных устройствах. Воплотившие в себе новейшие технологии управления питанием, микросхемы NCP6924 и NCP6914 повысят эффективность систем и продлят срок службы батарей.

В NCP6924 интегрированы два высокоэффективных 800-мА понижающих DC/DC преобразователя с рабочей частотой 3 МГц и четыре линейных LDO стабилизатора с суммарным током потребления 105 мкА. Микросхема NCP6914 содержит один высокоэффективный 800-мА понижающий DC/DC преобразователь с рабочей частотой 3 МГц и четыре линейных LDO стабилизатора с суммарным током потребления всего 72 мкА. Рассчитанные на обслуживание пяти или шести шин, оба прибора великолепно подходят для питания модулей смешанных сигналов, например, камер, или для использования в качестве основного элемента системы распределения питания процессора приложений.



Гибкость программирования обеспечивается интерфейсом I²C с быстродействием 400 кГц/3.4 МГц, позволяющим контролировать последовательность включения напряжений, разрешать или запрещать работу отдельных каналов и индивидуально управлять разрядом активных выходов. Система динамического масштабирования напряжения DC/DC преобразователей (Dynamic



Типовая схема включения NCP6914

Voltage Scaling) позволяет системе подстраивать питание ядра или внешних портов процессора под профили нагрузки, когда, например, система переходит в спящий режим. Кроме того, встроенные LDO регуляторы могут непосредственно питаться одним из интегрированных DC/DC преобразователей, значительно сокращая потери мощности.

Выходное напряжение DC/DC преобразователя может программно устанавливаться в диапазоне от 0.6 В до 3.3 В с шагом 12.5 мВ, а LDO стабилизаторов – в диапазоне от 1.0 до 3.3 В с шагом 50 мВ. Специальные выводы индикатора состояния питания и ассоцииро-

ванные с ними регистры прерываний обеспечивают эффективный контроль нештатных режимов.

Корпуса и цена

NCP6924 и NCP6914 выпускаются в корпусах WLCSPs высотой 0.4 мм с размерами 2.45 2.05 мм и 1.76 2.05 мм, соответственно. При объеме заказа 10,000 приборов NCP6924 можно приобрести по цене \$1.85 за штуку, а NCP6914 – по цене \$1.35.

Samsung выпускает ОЗУ LPDDR3 объемом 2 ГБ для мобильных устройств следующего поколения

Новая память примерно на 50% быстрее, чем LPDDR2

Компания Samsung вышла на новый технологический уровень изготовления памяти для мобильных устройств, начав массовое производство первой в мире оперативной памяти LPDDR3 емкостью 2 ГБ.

Общая скорость передачи данных мобильных чипов равна 12.8 ГБ/с, а пропускная способность, пересчитанная на один вывод, составляет 1600 Мбит/с. Это значит, что LPDDR3 примерно на 50% быстрее, чем один чип памяти LPDDR2.



Высокая скорость передачи данных позволяет новому чипу поддерживать отображение 3D графики высокого разрешения и воспроизведение видео формата «full HD» на экранах, диагональ которых больше, чем стандартные 4 дюйма. Такая память будет использоваться в планшетах и смартфонах с широким дисплеем, которые планирует выпускать Samsung.

Новая память выполнена по технологии 30 нм, и в одной микросхеме содержится четыре

чипа LPDDR3. Согласно заявлениям Samsung, ОЗУ LPDDR3 емкостью 2 ГБ является первым таким чипом памяти, доступным в столь компактном корпусе.

Нарушив закон Мура, компания Samsung смогла удвоить скорость памяти LPDDR2, серийное производство которой началось в октябре 2011 года, всего за десять месяцев.

За это время LPDDR2 была использована в составе таких устройств, как Motorola Droid 4 и iPad 3. Хотя компания Apple не раскрывает подробных характеристик iPhone5, в новом смартфоне, скорее всего, также будет установлена LPDDR2 емкостью 1 ГБ.

Микросхемы памяти LPDDR3 появятся на рынке в 2013 году.

Возвращение к основам электрических измерений



Derek MacLachlan, Keithley Instruments

Test & Measurement World

Точные измерения играют решающую роль практически во всех научных и инженерных дисциплинах, но зачастую в учебных планах уделяется мало внимания метрологии. Даже тем, кто получил хорошие знания по основам измерений, нередко прощается то, что они забыли некоторые детали. Эта статья предназначена для того, чтобы освежить память или донести полезную информацию до тех, кто хочет узнать больше о том, как производить качественные измерения.

Но что именно означает понятие «Хорошее качество измерений»? Хотя оно может иметь несколько значений, все же, в первую очередь, эти слова подразумевает возможность создания среды для проведения испытаний в соответствии с требуемой целью. Вначале рассмотрим типичный сценарий испытаний, включающий в себя измерение некоторых характеристик устройства или материала. Инструментарий может представлять собой как простой настольный цифровой мультиметр для изме-

рения сопротивлений, так и более сложную систему с дополнительными возможностями фиксации, специальной кабельной разводкой и т.п. При определении требуемой производительности такой системы, то есть необходимой точности измерений, допусков, скорости и т.д., необходимо учитывать не только характеристики измерительных инструментов, но также ограничения и помехи при использовании кабелей, разъемов, креплений, и даже следует учесть условия окружающей среды, в которой будут проводиться измерения.

При рассмотрении конкретных измерительных приборов для требуемых нужд спецификация или документация должны являться первоисточниками, которые необходимо изучить, чтобы узнать характеристики этих приборов и понять, какие ограничения будут наложены на результаты измерений. Тем не менее, документацию не всегда легко интерпретировать, потому что обычно в ней используется специальная терминология.

Кроме того, по спецификации не всегда можно определить, удовлетворяет ли часть оборудования поставленным требованиям. Например, параметры материала или устройства во время их испытаний могут оказать существенное влияние на качество измерений. Кабели, коммутационное оборудование и крепежные приспособления также могут влиять на результаты испытаний.

Четырехэтапный процесс измерения

Процесс проектирования и описания характеристик любой испытательной установки можно разложить на четыре этапа. Их последовательное выполнение значительно увеличит шансы на успешное построение системы, удовлетворяющей необходимым требованиям, и предотвратит возникновение неприятных и дорогостоящих сюрпризов.

Этап 1

На первом этапе, еще до выбора элементов оборудования, необходимо определить требуемые параметры системы. Это очень важная предпосылка на пути проектирования, создания, проверки и, в конечном счете,

использования такой системы, отвечающей всем требованиям приложения. Определение необходимого уровня характеристик включает в себя понимание специальных терминов, таких как разрешение, точность, воспроизводимость (повторяемость), время нарастания, чувствительность и т.д.

Разрешение представляет собой самую малую долю сигнала, которая может быть измерена. Она определяется аналого-цифровым преобразователем (АЦП) в составе измерительного устройства. Есть несколько способов характеризовать разрешение – с помощью битов, разрядов, отсчетов и т.п. Чем больше битов или разрядов, тем выше разрешение устройства. Разрешение большинства настольных инструментов указывается в разрядах, например, «6½-разрядный цифровой мультиметр». Необходимо помнить: ½ означает то, что старший значащий разряд меньше полного диапазона от 0 до 9. Чаще всего дробью ½ обозначается тот факт, что он может принимать одно из трех значений 0, 1 или 2. В отличие от цифровых мультиметров, платы сбора данных всегда характеризуются разрядностью их АЦП.

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| • 12-разрядный АЦП – 4096 бит | – примерно 3½ разряда (цифры) |
| • 16-разрядный АЦП – 65,536 бит | – примерно 4½ разряда |
| • 18-разрядный АЦП – 262,144 бит | – примерно 5½ разрядов |
| • 22-разрядный АЦП – 4,194,304 бит | – примерно 6½ разрядов |
| • 25-разрядный АЦП – 33,554,304 бит | – примерно 7½ разрядов |
| • 28-разрядный АЦП – 268,435,456 бит | – примерно 8½ разрядов |

Хотя термины «чувствительность» и «точность» часто считают синонимами, они не означают одно и то же. Чувствительностью называется наименьшее изменение измеряемого параметра, которое может быть обнаружено и выражено в таких единицах, как вольты, омы, амперы, градусы и т.д. Чувствительность прибора равна самому меньшему диапазону измерения, деленному на разрешение. Таким образом, чувствительность 16-раз-

- $3\frac{1}{2}$ разряда (2000), диапазон 2 В = 1 мВ
- $4\frac{1}{2}$ разряда (20000), диапазон 2 Ом = 100 мкОм
- 16-бит (65536) АЦП, диапазон 2 В = 30 мкВ
- $8\frac{1}{2}$ разрядов, диапазон 200 мВ = 1 нВ

С чувствительностью теперь все понятно, но что имеется в виду, когда говорится о точности прибора. На самом деле есть два вида точности – абсолютная и относительная. Абсолютная точность определяет, насколько близко результат измерения соответствует истинному значению согласно национальным или международным стандартам. Устройства, как правило, калибруют, используя известные стандартные значения. Большинство стран имеют свои собственные институты стандартизации, где хранятся национальные стандарты. Дрейф показаний прибора определяет его способность сохранять свою калибровку в течение определенного времени. Относительная точность показывает, насколько точно проведенное измерение отражает взаимосвязь между неизвестным значением и локально установленным эталонным значением.

Смысл этих терминов можно продемонстрировать на примере обеспечения измерения температуры 100.00 °C с абсолютной точ-

рядного АЦП с измеряемым диапазоном в 2 В равняется $2/65,536=30$ мкВ. Для выполнения измерений с высокой чувствительностью оптимизированы различные инструменты. К ним можно отнести нановольтметры, пикоамперметры, электрометры и цифровые мультиметры высокого разрешения. Ниже приведены некоторые примеры того, как рассчитать чувствительность АЦП при различном разрешении:

ностью ± 0.01 °C в сравнении с измерением изменения температуры на 0.01 °C. Измерение изменения проводить гораздо легче по сравнению с обеспечением абсолютной точности, и зачастую, лишь это и требуется в приложении. Например, при испытаниях продукции часто бывает важно точно измерять нагрев (например, в источниках питания), и вовсе не имеет значения, равна ли температура окружающей среды точно 25.00 °C.

Повторяемость характеризует возможность получать одинаковые результаты при многократных измерениях одной и той же величины. В идеальном случае повторяемость измерений должна быть лучше точности. Если повторяемость высока, и источники ошибок известны и определены количественно, высокое разрешение и воспроизводимые измерения часто приемлемы для многих приложений. Относительная точность таких измерений может быть высокой, а абсолютная – низкой.

Этап 2

Следующий этап заключается в проектировании измерительной системы, включая выбор оборудования, различных приспособлений и т.д. Как упоминалось ранее, интерпретация документации с целью определения необходимых характеристик может быть затруднительной, поэтому рассмотрим наиболее важные параметры, включаемые в спецификации:

- **Точность.** Компания Keithley в документации на свои приборы обычно указывает точность двумя значениями, а именно, в виде доли от измеряемой величины и доли масштаба измерения (шкалы). Например: $\pm$ (погрешность усиления (gain error) + ошибка смещения (offset error)). Это можно прочесть, как $\pm$ (% от показаний + % от диапазона) или $\pm$ (ppm (про милле) от показаний + ppm от диапазона). На Рисунке 1 представлена полная шкала, или «FS» (full scale). Например, в документации на 6½-разрядный мультиметр Model 2000 компании Keithley при измерении напряжения в диапазоне 1 В указывается точность 30 ppm от показаний + 7 ppm от диапазона. Зеленая область отображает ошибку смещения, которая выражается либо в процентах от диапазона, либо в ppm от диапазона. На

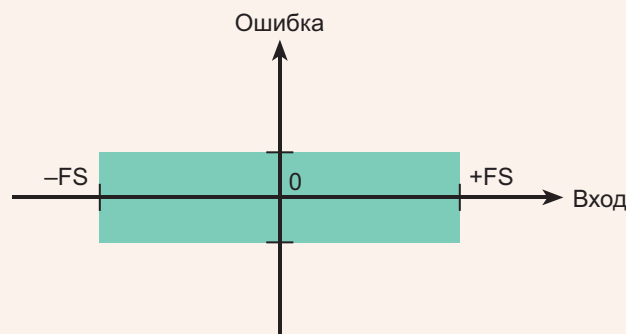


Рисунок 1.

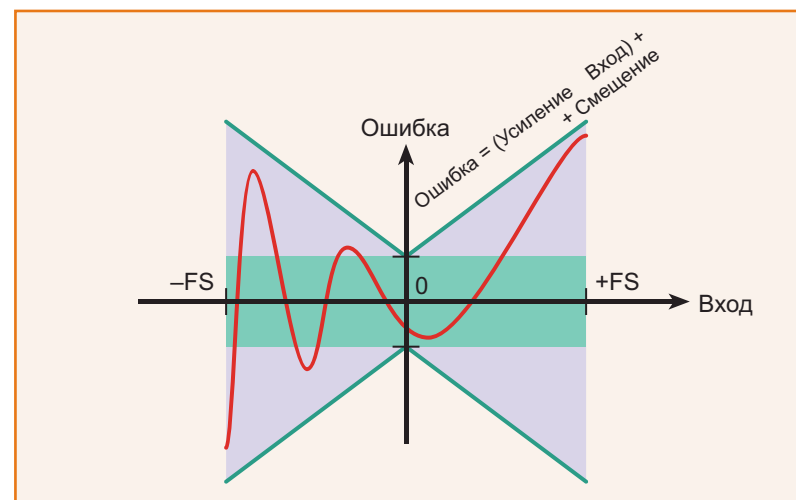


Рисунок 2.

Рисунке 2 представлена ошибка усиления, определяемая в процентах или в ppm от показаний. При считывании можно ожидать, что ошибки окажутся где угодно в пределах фиолетовой и зеленой областей. Для высококачественных измерительных приборов точность, приведенная в документации, может гарантироваться на срок 24 часа, 90 дней, один год, два, или даже пять лет с момента последней калибровки. Для большинства приборов этот период равен 90 дней.

- **Температурный коэффициент.** Как правило, указываемая в документации точность гарантируется в пределах определенного интервала температур. Например, гарантированный температурный диапазон для цифрового мультиметра Model 2000 равен 23 ± 5 °C. Если проводить измерения в условиях, когда температура находится вне этого диапазона, необходимо учитывать связанную с температурой ошибку. Это становится особенно трудным, если температура окружающей среды сильно изменяется.

- **Погрешность прибора.** Некоторые ошибки измерений создаются самим прибором. Как уже говорилось, погрешность прибора или точность указываются в виде двух составляющих: доли от измеренного значения, иногда называемой ошибкой усиления, и смещения, определяемого как часть полного диапазона. Рассмотрим различные спецификации на один прибор при измерении одной и той же величины. Для примера, попробуем измерить напряжение 0.5 В в 2-воль-

товом диапазоне с помощью цифрового мультиметра низкого качества. Судя по документации, можно определить, что неопределенность в показаниях или точность будет в пределах ± 350 мкВ. В сокращенной документации зачастую приводится лишь погрешность усиления. Однако ошибка смещения может быть наиболее значимым фактором при измерении значений вблизи нижней границы диапазона.

$$\begin{aligned}\text{Точность} &= \pm(\% \text{ от показаний} + \% \text{ от диапазона}) \\ &= \pm(\text{погрешность усиления} + \text{погрешность смещения})\end{aligned}$$

Например:

Цифровой мультиметр с диапазоном измерений 2 В:

$$\text{Точность} = \pm(0.03\% \text{ от показаний} + 0.01\% \text{ от диапазона})$$

При входном сигнале 0.5 В:

$$\begin{aligned}\text{Неопределенность} &= \pm(0.03\% \cdot 0.5 \text{ В} + 0.01\% \cdot 2.0 \text{ В}) \\ &= \pm(0.00015 \text{ В} + 0.00020 \text{ В}) \pm 350 \text{ мкВ}\end{aligned}$$

$$\text{Показания} = \text{от } 0.49965 \text{ до } 0.50035$$

В следующем примере также будет измеряться сигнал 0.5 В в диапазоне 2 В, но с использованием более качественного цифро-

вого мультиметра. Он имеет лучшие характеристики в двухвольтовом диапазоне, а неопределенность измерений равна всего ± 35 мкВ.

Цифровой мультиметр, 6½-разрядный, диапазон 2 В (2.000000):

$$\begin{aligned}\text{Точность} &= \pm(0.003\% \text{ от показаний} + 0.001\% \text{ от диапазона}) \\ &= \pm(30 \text{ ppm от показаний} + 10 \text{ ppm от диапазона}) \\ &= \pm(0.003\% \text{ от показаний} + 20 \text{ отсчетов})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Неопределенность при } 0.5 \text{ В} &= \pm(0.000015 + 0.000020) \\ &= \pm 0.000035 \text{ В} \\ &= \pm 35 \text{ мкВ}\end{aligned}$$

Теперь, если рассмотреть процесс измерения с использованием платы сбора данных, можно заметить, что 1 младший бит ошибки смещения равен $\text{диапазон}/4096 = 0.024\%$ от диапазона. При 2-вольтовом диапазоне 1 младший значимый бит (LSB) ошибки смеще-

ния соответствует 0.488 мВ. Следует отметить, что точность измерений заметно ниже при использовании такой платы, чем при применении настольного цифрового мультиметра высокого качества.

Плата аналогового ввода, 12 бит, диапазон 2 В:

$$\begin{aligned}\text{Точность} &= \pm(0.01\% \text{ от показаний} + 1 \text{ LSB}) \\ &= \pm(100 \text{ ppm} + 1 \text{ бит})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Неопределенность при } 0.5 \text{ В} &= \pm(0.000050 + 2.0/4096) \\ &= \pm(0.000050 + 0.000488) \\ &= \pm 0.000538 \\ &= \pm 538 \text{ мкВ}\end{aligned}$$

- **Чувствительность.** Чувствительность, то есть наименьшее наблюдаемое изменение, определяемое прибором, может быть ограничена либо шумом, либо цифровой разрешающей способностью прибора. Уровень шума часто определяется как пиковое или среднеквадратичное значение, иногда измеренное в некоторой полосе частот. Важно, чтобы чувствительность, указываемая в документации, соответствовала вашим требованиям, но также необходимо учитывать шумы, которые будут сказываться при измерении малых сигналов.
- **Синхронизация (тактирование).** Что же подразумевает под собой термин «синхронизация» по отношению к измерительной установке? Очевидно, что автоматизированная установка, управляемая с ПК, позволит проводить измерения намного быстрее, чем вручную. Это особенно полезно в производственной сре-

де, или там, где необходимо выполнять большое количество измерений. Тем не менее, нужно убедиться, что измерения проводятся с настроенным оборудованием, потому что всегда существует компромисс между скоростью измерений и его качеством. Время нарастания сигнала в аналоговом приборе обычно определяется как время, необходимое для того, чтобы выходной сигнал увеличился с 10% до 90% от конечного значения при мгновенном нарастании входного сигнала от нуля до некоторого фиксированного уровня. Время нарастания влияет на точность измерений, когда оно имеет тот же порядок, что и период измерений. Если промежуток времени до начала считывания равен времени нарастания, погрешность составит примерно 10%, поскольку что сигнал достигнет лишь 90% от своего значения. Для сокращения этой погрешности необходимо выделять больше вре-

мени. Чтобы уменьшить погрешность до 1%, необходимо выделить время, равное двум периодам нарастания сигнала, а до 0.1% – трем периодам (или примерно семи постоянным времени).

Этап 3

На этом этапе происходит создание самой системы и проверка ее характеристик, включая ряд методов, которые могут быть использованы для улучшения качества измерений. После того, как разработчик выбрал соответствующее оборудование, кабели и приспособления, а также установил, что характеристики этого оборудования соответствуют необходимым требованиям, пришло время собрать саму установку, проверяя ее работоспособность на каждом шаге. Необходимо убедиться, что не истек поверочный период каждой части испытательного оборудования, который, как правило, равен одному году. Если прибор будет использоваться для измерения напряжения, закорачивая щупы между собой, можно определить погрешность смещения и непосредственно сопоставить ее с величиной, указанной в документации. Перед использованием амперметра наблюдение за уровнем тока при разомкнутых щупах покажет погрешность смещения. И вновь, найденное смещение можно сравнить со значением, приведенным в документации. Затем к системе подключаются кабели и проверка производится снова. То же самое повторяется после добавления крепежного оборудования и испытуемого устройства. Если характеристики системы не соответствуют требованиям приложения, такой метод пошаговой проверки должен помочь выявить источники проблем.

Затем следует проверить синхронизацию системы и убедиться, что задержки соответствуют временам установления. Недостаточ-

ные временные задержки между измерениями часто могут быть причиной снижения точности и воспроизводимости. Практически, это является одним из наиболее распространенных источников ошибок в измерительных системах, что особенно заметно при проведении тестов на высокой скорости, вследствие чего результаты отличаются от величин, полученных при измерениях по методу «шаг за шагом» или вручную.

Хотя индуктивность может влиять на время установления, основным источником задержек, все же, является емкость системы. При ручных измерениях задержка от 0.2 до 0.5 секунд будет почти незаметна, но в автоматизированных системах шаги, как правило, измеряются миллисекундами, или меньше, и даже простейшим измерительным установкам для получения точных результатов после смены воздействия могут потребоваться задержки от пяти до десяти миллисекунд.

Большим системам с огромным количеством кабелей (следовательно, с большой емкостью, вносимой проводами) могут потребоваться более значительные задержки или использование специальных защитных ограждений. Коаксиальный кабель обычно имеет емкость 100 пФ на метр. Общепринятым решением является обеспечение в процессе измерений задержек, достаточных для установления измеряемого сигнала. В основном требуются паузы длиной в несколько миллисекунд, но для некоторых приложений требуются более продолжительные задержки. Для этих целей большинство приборов компании Keithley имеют программируемую задержку запуска.

Защитное ограждение (другое название – охранный кольцо) является одним из методов борьбы с емкостью, снижающим ошибки,

обусловленные утечкой, и уменьшающим время отклика. Защитное ограждение состоит из подключенного к низкоимпедансному источнику проводника, окружающего вывод высокоимпедансного сигнала. Потенциал экрана поддерживается равным напряжению сигнала или близким ему.

Основные источники погрешностей измерений

Несмотря на то, что все системы уникальны, имеются следующие наиболее распространенные источники погрешностей:

- **Сопротивление выводов.** При измерении сопротивлений, особенно малых, необходимо учитывать сопротивление щупов. В примере, изображенном на Рисунке 3а, измерение сопротивления производится двумя проводами. Прибор подключает к своим входным клеммам внутренний источник стабильного тока и измеряет падение напряжения на тестируемом резисторе. Этот метод даст хорошие результаты, если сопротивление резистора будет намного больше сопротивления щупов. Однако несложно понять, что произойдет, если измеряемое сопротивление будет близко к сопротив-

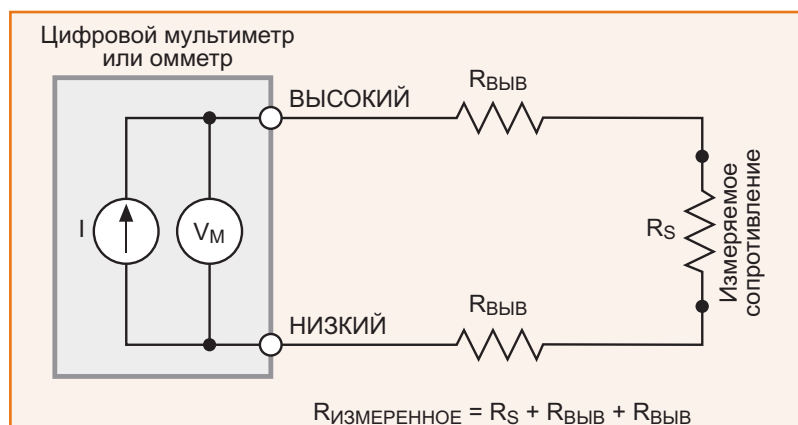


Рисунок 3а.

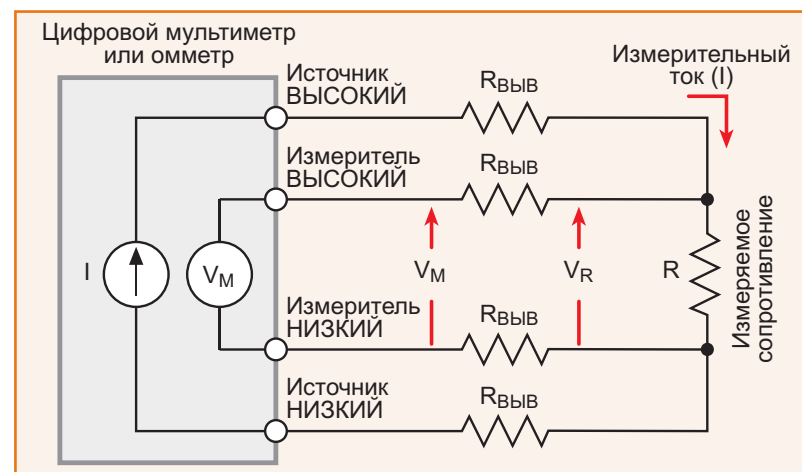


Рисунок 3б.

лению щупов, или даже меньше его. Эту проблему можно устранить, производя замеры с помощью четырех проводов (Рисунок 3б). Теперь падение напряжения будет измеряться только на резисторе, а не на резисторе и щупах. Как правило, входное сопротивление вольтметра очень высоко по сравнению с измеряемым сопротивлением, поэтому сопротивление щупов в цепи вольтметра уже не играет никакой роли. Если все же измеряемое сопротивление очень велико и близко к входному сопротивлению вольтметра, может потребоваться электрометр или другой прибор со сверхбольшим сопротивлением входа.

- **Термо-ЭДС в соединениях.** В любой измерительной установке, соединения, сделанные из неоднородных металлов, будут образовывать собой термопару. Термопара, по сути, представляет собой устройство, состоящее из двух неоднородных металлов, вырабатывающее напряжение, которое меняется в зависимости от температуры. Это свойство полезно при измерении температуры, но в обычных установках оно приводит к

появлению нежелательного напряжения, зависящего от окружающей температуры. В Таблице 1 приведено несколько вариантов сочетания металлов и генерируемых ими термоэлектрических потенциалов. Даже при соединении меди с медью будет достаточно различий в сплавах двух частей, чтобы возникла термоЭДС. Если величина таких ошибок будет существенна по сравнению с измеряемым значением, устранить этот эффект поможет метод компенсации смещения.

Таблица 1. Термоэлектрические потенциалы

Материал	Потенциал
Cu – Cu	0.2 мкВ/°C
Cu – Ag	0.3 мкВ/°C
Cu – Au	0.3 мкВ/°C
Cu – Cd/Sn	0.3 мкВ/°C
Cu – Pb/Sn	1...3 мкВ/°C
Cu – Si	400 мкВ/°C
Cu – Ковар	40 мкВ/°C
Cu – CuO	400 мкВ/°C

Средства компенсации смещения встроены во многие приборы компании Keithley. Когда эта опция активирована, цикл измерения состоит из двух фаз (Рисунок 4). В первой фазе происходит измерение напряжения с включенным источником стимулирующего тока, во второй – с выключенным. Вычитание из результата, полученного на первом этапе, величины, измеренной на втором этапе, даст искомую ошибку, возникающую за счет термоЭДС. Такой метод эффективно устраняет проблемы снижения точности из-за температурного дрейфа.

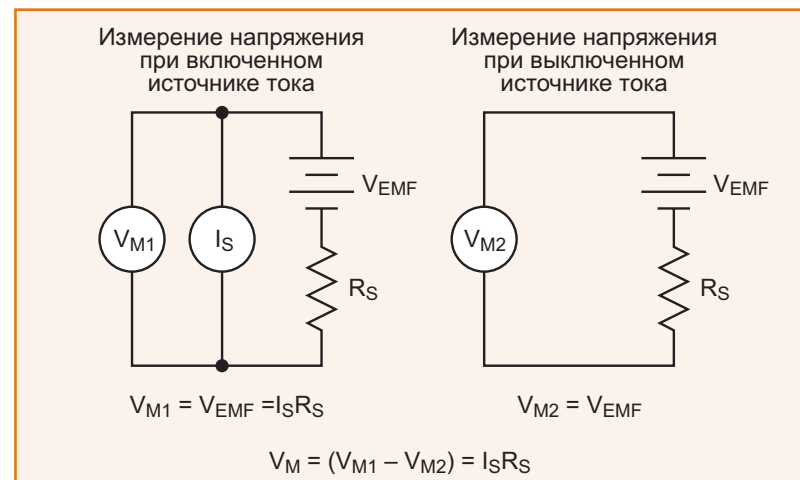


Рисунок 4.

- **Внешние помехи.** Внешние помехи в процессе измерения сигнала приносят ошибки, как по постоянному, так и по переменному току. Наиболее распространенным источником шумов являются сети частотой 50 или 60 Гц, в зависимости от того, в какой стране производится измерения. Дополнительные милливольты шума не являются чем-то необычным, особенно когда замеры проводятся вблизи люминесцентных ламп. Составляющие шума, наложенного на измеряемый сигнал постоянного тока, могут привести к очень неточным и нестабильным результатам. Как показано на Рисунке 5, измеренная величина будет сильно зави-

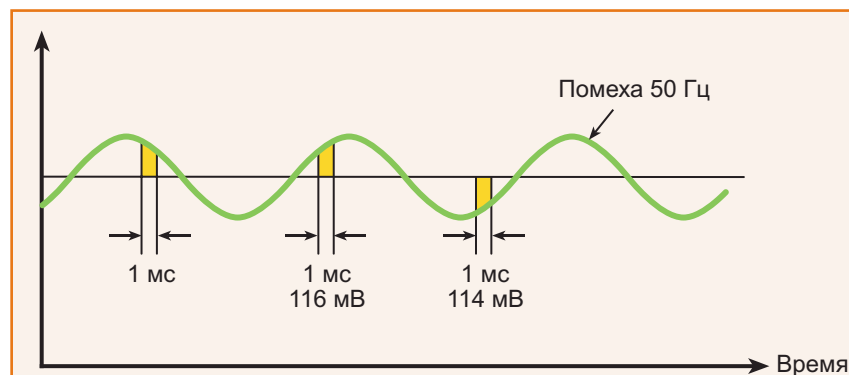


Рисунок 5.

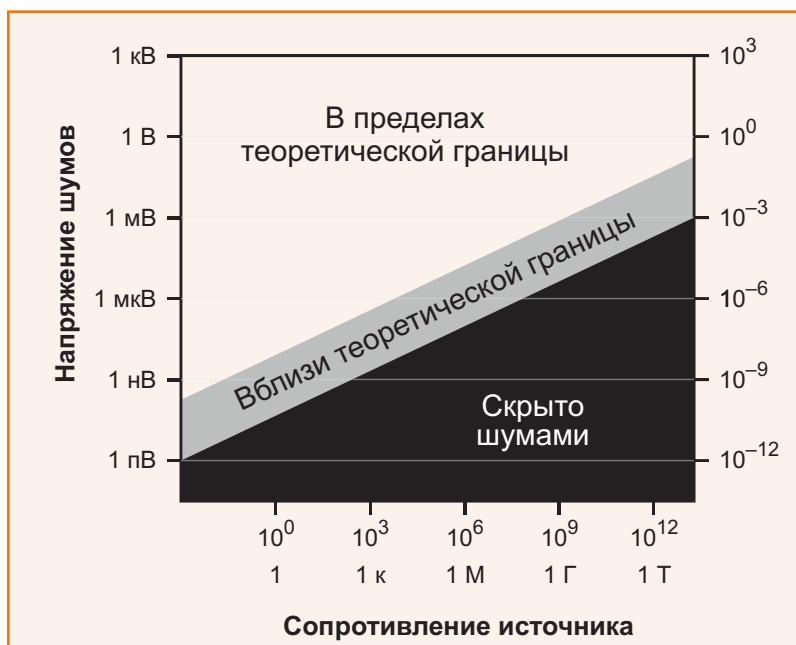


Рисунок 6.

сеть от того, где выполнено измерение относительно синусоиды. Большинство современных приборов позволяет пользователям задать период интегрирования входного сигнала по отношению к числу периодов сети (number of power line cycles – NPLC). Иными словами, при установке 1 NPLC постоянная времени интегрирования составит 20 мс (50 Гц) и

16.67 мс (60 Гц), что устранил влияние шумов любой электросети. Такая функция дает существенное улучшение характеристик прибора.

- **Теоретические пределы измерений.** Законы физики устанавливают фундаментальный предел того, насколько слабым может быть регистрируемый сигнал, поскольку каждая система генерирует определенные шумы, как по току, так и по напряжению. На Рисунке 6 показаны уровни напряжения, измерить которые невозможно, а также уровни, приближающиеся к теоретическим границам измерения.

Этап 4

После того, как измерительная система была построена и проверена, можно, наконец, приступить к проведению измерений, в результатах которых пользователь теперь будет уверен. Однако важно регулярно проверять характеристики установки. Из-за старения компонентов точность приборов с течением времени будет снижаться, поэтому необходимо следить за тем, чтобы калибровка выполнялась с установленной периодичностью. ■

Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок



Михаил Русских

Рассматриваются базовые принципы теории магнетизма, приводится общее описание датчика магнитного поля HMC5883L, описывается методика устранения помех, искажающих производимые датчиком результаты измерений

Изобретенное более тысячи лет назад такое простое, но в тоже время гениальное устройство, как компас и сегодня является незаменимой вещью в инвентаре любого капитана корабля или туриста. В наше время благодаря развитию электроники и технологии микроэлектронных механических систем появились МЭМС-магнитометры, предоставляющие функцию компаса в микросхемном исполнении. Сегодня их повсеместно можно встретить в потребительских электронных устройствах (смартфонах, планшетах), автомобилях, робототехнике и т.п. Зачастую они входят в состав сложных навигационных систем, а в сочетании с акселерометром и/или гироскопом представляют собой инерциальную систему, способную точно определять местоположение в трехмерном пространстве.

Магнитометр представляет собой устройство для измерения интенсивности одной или нескольких составляющих магнитного поля. Сегодня рынок предоставляет широкий выбор двух- и трехосевых электронных компасов в интегральном исполнении. Для более

полного понимания принципа действия такого компаса рассмотрим основные положения теории магнетизма и принципы определения направления вектора магнитного поля Земли.

Магнитное поле Земли в каждой точке пространства характеризуется вектором напряженности T , направление которого определяется тремя составляющими по осям X , Y и Z в прямоугольной системе координат (Рисунок 1). Также магнитное поле Земли можно

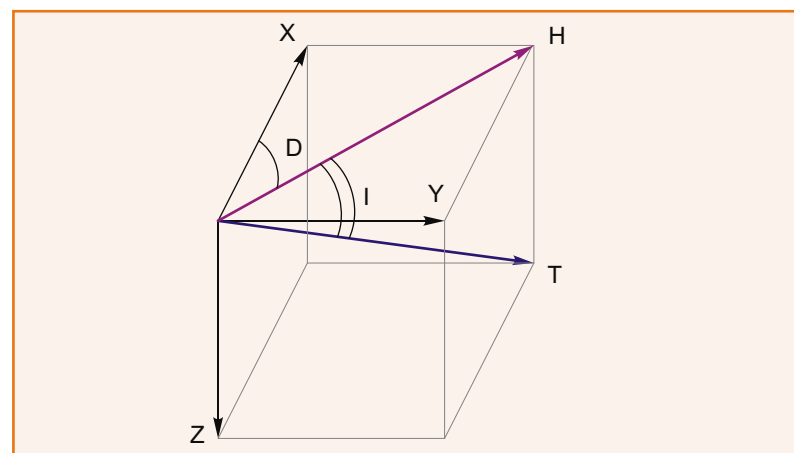


Рисунок 1. Составляющие магнитного поля Земли.

описать горизонтальной составляющей напряженности H , магнитным склонением D (углом между H и плоскостью географического меридиана) и магнитным наклонением I (углом между T и плоскостью горизонта).

Основной характеристикой магнитного поля является магнитная индукция B , представляющая собой векторную величину. Направление вектора магнитной индукции совпадает с направлением силы, действующей на северный полюс магнита, помещенного в данную точку магнитного поля. Величина B выражается единицей измерения тесла (Тл или $\text{Н/А}\cdot\text{м}$). Тесла является довольно крупной величиной магнитной индукции, поэтому для измерения слабых магнитных полей применяют мелкую дольную единицу – микротесла (мкТл). Стоит заметить, что полный вектор магнитного поля Земли составляет всего около 50 мкТл. Но в документации на МЭМС-магнитометры обычно приводится другая единица измерения, характеризующая магнитное поле – гаусс (Гс). Гаусс представляет собой единицу измерения магнитной индукции в системе СГС. При этом справедливы следующие равенства:

$$1 \text{ Гс} = 100 \text{ мкТл},$$

$$1 \text{ Тл} = 10^4 \text{ Гс}.$$

Магнитная индукция связана с напряженностью магнитного поля соотношением:

$$B = \mu_0 H \quad (1)$$

Здесь

μ – магнитная проницаемость среды,

μ_0 – магнитная постоянная.

Исходя из (1), можно утверждать, что $B \sim H$. В итоге, на практике для определения направ-

ления вектора магнитного поля Земли измеряют две его составляющие по оси X и оси Y (Рисунок 2), а затем вычисляют угол на основании следующих формул:

$$\text{tg} \frac{H_Y}{H_X} = \frac{H \sin}{H \cos} \quad (2)$$

$$\arctg \text{tg} \quad (3)$$

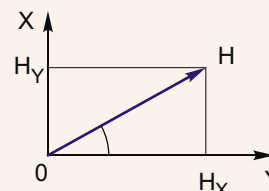


Рисунок 2. Разложение вектора магнитного поля Земли на составляющие.

Для более детального понимания принципа действия магнитометра рассмотрим работу датчика HMC5883L компании Honeywell. Этот датчик (см. Рисунок 3) представляет собой устройство для измерения магнитного поля по осям X , Y и Z . Он является типовым представителем семейства магнитометров общего назначения, применяемых в мобильных теле-



Рисунок 3. Магнитометр HMC5883L на печатной плате.

фонах, планшетах, автомобильных навигационных системах, персональных навигационных устройствах и прочей потребительской электронике. Такие датчики по принципу своего действия, методу связи с управляющим устройством и даже по структуре регистров не сильно отличаются друг от друга. Так, например, HMC5883L по перечисленным характеристикам очень похож на магнитометр в составе инерциальной системы LSM303 компании STmicroelectronics.

HMC5883L может измерять магнитное поле в диапазоне от -8 до $+8$ гаусса. Благодаря изменяемому коэффициенту усиления (GN) чувствительность датчика может варьироваться от 0.73 мГс/LSB (милигаусс на младший значащий разряд) до 4.35 мГс/LSB при изменении GN от 0 до 7, соответственно. Настройка и считывание данных происходит по шине I^2C . Всего имеется 12 восьмиразрядных регистров. Два регистра настройки (Register A и Register B) позволяют изменять частоту выдачи данных, режим измерения, количество выборок за время одного замера и коэффициент усиления. С помощью регистра режима (Mode Register) можно выбрать режим функционирования датчика: либо он будет измерять непрерывно (Continuous-Measurement Mode), либо проведет измерение один раз и перейдет в режим ожидания (Single-Measurement Mode). В шесть регистров, расположенных по адресам с $0x03$ по $0x08$, помещаются результаты измерений. На одну ось выделяется по два регистра (Output Register A и Output Register B), причем регистр A является старшим по отношению к регистру B. Полученное значение представляется 12-разрядным числом. Регистр статуса (Status Register) имеет всего два бита – бит готовности (RDY) и бит

«защелки» (LOCK). Бит готовности устанавливается после того, как данные будут записаны во все шесть выходных регистров. Для осуществления не программного, а аппаратного опроса, его функция дублируется выводом DRDY. Бит «защелки» устанавливается, когда данные из одного или нескольких (но не из всех) выходных регистров были считаны, либо когда был считан регистр режима. Оставшиеся три регистра представляют собой идентификационные регистры (Identification Registers), позволяющие управляющему устройству при необходимости определить этот датчик.

Доступ к магнитометру осуществляется по шине I^2C . Запись производится по адресу $0x3C$, а чтение – $0x3D$. Для удобства считывания данных имеется функция автоматического инкремента адреса выходных регистров с последующим переходом на адрес $0x03$ (старший регистр оси X) по завершении считывания данных из всех выходных регистров. Необходимо также отметить, что выходные регистры расположены в «неправильном» порядке, то есть при последовательном считывании сначала будут взяты данные оси X, затем оси Z, и в последнюю очередь оси Y. Это необходимо учитывать в программе.

В простейшем случае для определения направления относительно магнитного поля Земли при условии горизонтального расположения платформы необходимо считать данные с выходных регистров осей X и Y, а затем вычислить арктангенс угла в соответствии с формулой (3). Но в реальности, особенно в случае применения магнитометров в составе сложных устройств, где присутствуют дополнительные магнитные поля, например, внутри автомобилей, судов и т.п., на датчик действуют помехи, искажающие его показания.

Существуют два типа искажений, действующих на компас. Первое называется искажением твердого железа (Hard Iron Distortion). Оно по своей природе является аддитивным, то есть к изначально измеряемому полю добавляется дополнительное, создаваемое постоянным магнитом (например, динамиками звуковых колонок). При неизменной ориентации такого магнита относительно датчика, смещение, вносимое им, будет также неизменно. Ко второму типу относится искажение мягкого железа (Soft Iron Distortion). Оно создается посторонними предметами, искажающими уже имеющееся магнитное поле. Например, предметы, выполненные из пермаллоя, никеля и т.п., не создают своего магнитного поля, но изменяют форму поля, измеряемого датчиком. Компенсация мягкого железа очень актуальна на кораблях, где намагниченные полем Земли части судна при изменении его ориентации относительно магнитного полюса перемагничиваются и вновь вносят искажения в процесс измерения. Таким образом, компенсация мягкого железа представляет собой более сложную задачу.

Вначале рассмотрим процесс компенсации влияния твердого железа. Следует учесть, что здесь и далее предлагается компенсация в двумерном пространстве. Компенсация в трех измерениях, которая обязательна для воздушных судов, требует использования комплексного математического аппарата, и в данном случае не рассматривается. Ознакомиться с таким методом ликвидации магнитных помех можно в [9]. В начале процедуры устранения искажений датчик располагается горизонтально, и вокруг вертикальной оси совершается, как минимум, один полный оборот. Далее выделяются точки, имеющие максимальное и минимальное значение по осям X и Y. Найденные

значения максимумов и минимумов используются для устранения смещения нуля:

$$\begin{matrix} X_{CH} & \frac{X_{MAX} - X_{MIN}}{2} \\ Y_{CH} & \frac{Y_{MAX} - Y_{MIN}}{2} \end{matrix} \quad (4)$$

Через найденные коэффициенты и изначально полученные данные (X_H , Y_H) можно выразить скорректированные по методу компенсации твердого железа величины по осям X и Y:

$$\begin{matrix} X_{TЖ} & X_H - X_{CM} \\ Y_{TЖ} & Y_H - Y_{CM} \end{matrix} \quad (5)$$

На Рисунке 4 отображены результаты эксперимента по проведению компенсации такого вида. В ходе эксперимента вблизи датчика был расположен магнит. Нижний левый график отчетливо показывает факт смещения центра фигуры из точки (0,0) из-за вносимой постоянной составляющей. После вычислений по формулам (4) и (5) центр был смещен в точку начала, как видно на нижнем правом графике.

В ходе эксперимента также было воспроизведено небольшое влияние искажения мягкого железа. По полученному изображению видно, что фигура представляет собой не четко сформированную окружность, а эллипс с некоторым наклоном относительно координатных осей. Изменение магнитного поля такого вида как раз характерно для искажения мягкого железа, которое, как говорилось выше, не вносит дополнительного магнитного поля, а влияет на форму уже имеющегося.

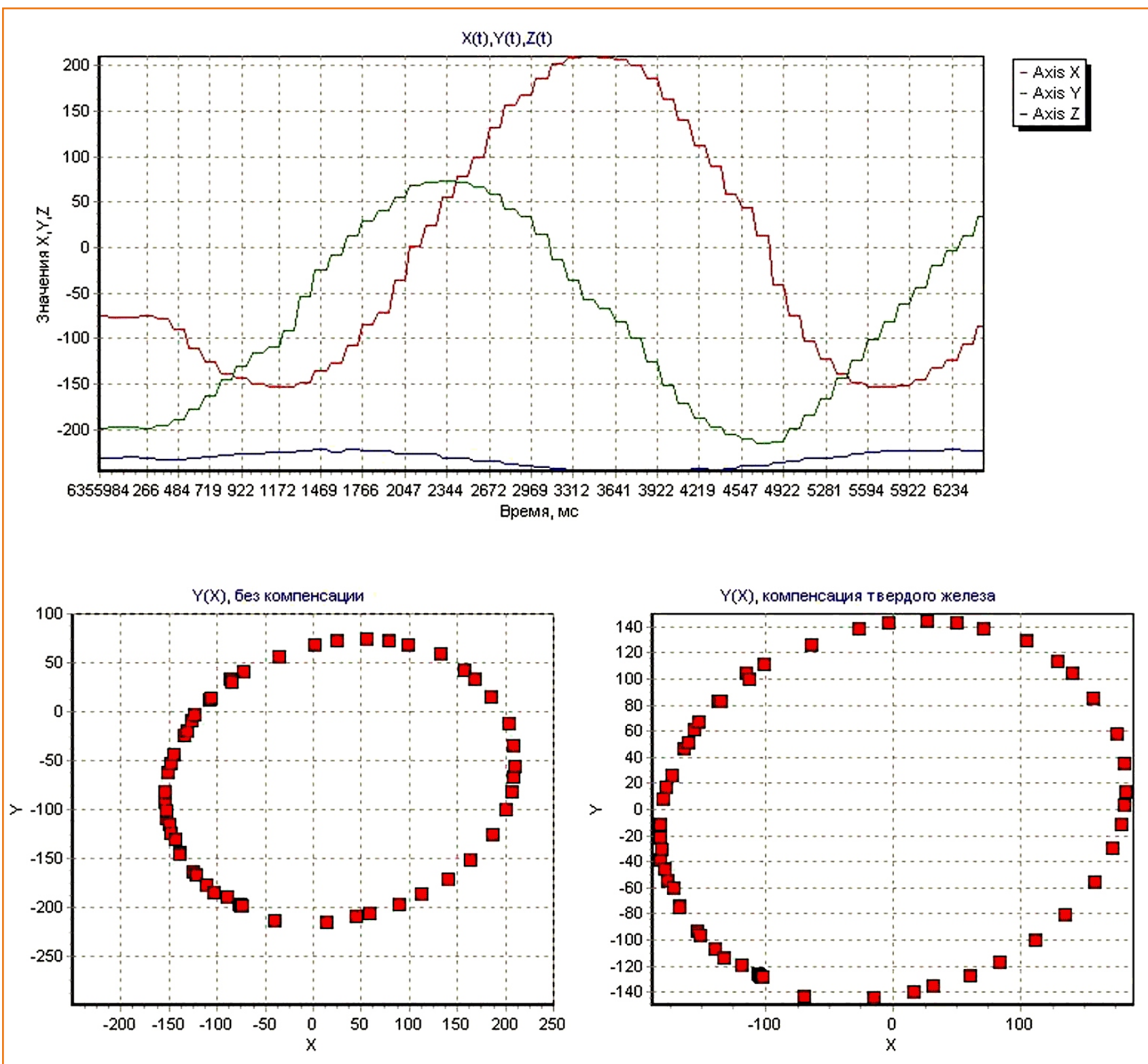


Рисунок 4. Компенсация искажения твердого железа.

Для компенсации такого искажения необходимо сначала нормировать эллипс относительно осей координат, то есть произвести его поворот на определенный угол. В ходе этой операции нужно найти большую (a) и малую (b) полуоси эллипса (схематично представлено на Рисунке 5). Применяя формулу вычисле-

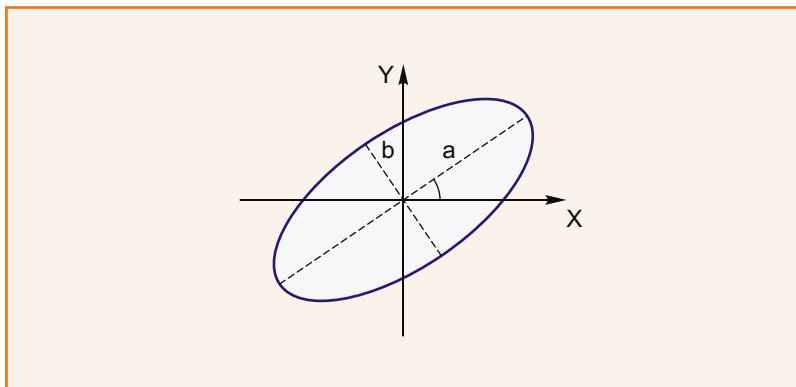


Рисунок 5. Пример изменения напряженности магнитного поля при значительном влиянии искажения мягкого железа.

ния радиуса (6) для каждой точки эллипса, находят максимально удаленную точку от начала координат, расстояние до которой будет равно длине большой полуоси, и минимально удаленную точку, являющейся концом малой полуоси.

$$r = \sqrt{X_{ТЖ}^2 + Y_{ТЖ}^2} \quad (6)$$

Затем определяется угол наклона относительно определенной оси координат либо малой полуоси, либо большой. После нахождения этого угла становится возможным осуществить поворот эллипса таким образом, чтобы его полуоси совпадали с осями координат. Формула (7) определяет матрицу поворота, которая потребуется для проведения данной операции. Эта матрица умножается на

вектор-столбец, являющийся набором всех значений $X_{ТЖ}$ и $Y_{ТЖ}$.

$$R = \begin{vmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{vmatrix} \quad (7)$$

$$R \begin{vmatrix} X_{ТЖ} \\ Y_{ТЖ} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X_{МЖ} \\ Y_{МЖ} \end{vmatrix} \quad (8)$$

Повернутый эллипс далее необходимо преобразовать в окружность с целью устранения искажения мягкого железа. Для этого используется масштабный коэффициент, определяемый формулой (9), который необходим для «сжатия» эллипса вдоль большой полуоси.

$$\sigma = \frac{b}{a} \quad (9)$$

Каждое значение по оси, с которой совпадает большая полуось, должно быть умножено на этот масштабный коэффициент для получения желаемой окружности. Результат такой трансформации представленного на Рисунке 4 эллипса можно видеть на Рисунке 6.

Далее для того, чтобы вернуть значения составляющих напряженности магнитного поля в исходное положение, нужно вновь произвести поворот полученной фигуры на тот же угол, но уже в противоположном направлении. При этом снова используются формулы (7) и (8) с единственным отличием – угол берется с противоположным знаком.

На этом процесс устранения искажений завершается. Но следует помнить, что к компенсации искажения мягкого железа можно приступить лишь после успешно проведенной операции по устранению искажения твердого

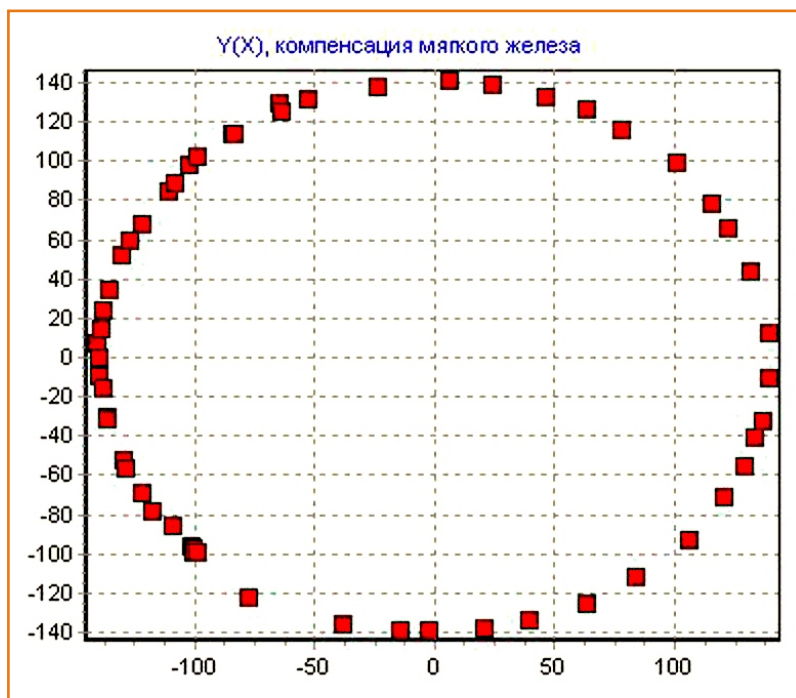


Рисунок 6. Окружность, полученная после компенсации влияния искажения мягкого железа.

железа и при условии, что платформа остается в горизонтальном положении, либо наклон контролируется с помощью данных по оси Z или акселерометра. В итоге становится возможным получить более точное значение азимута. Поскольку при вращении электронного компаса возникают ситуации деления на ноль, целесообразно пользоваться нижеприведенной Таблицей 1.

В результате, используя магнитометры общего назначения, можно за малые деньги

Таблица 1. Расчет азимута

X	Y	Азимут
0	0	90
	0	270
0	любое	$180 \arctg \frac{Y}{X} \frac{180}{\pi}$
0	0	$\arctg \frac{Y}{X} \frac{180}{\pi}$
	0	$360 \arctg \frac{Y}{X} \frac{180}{\pi}$

создать довольно точный электронный компас. Например, стоимость датчика HMC5883L, задействованного для проведения описанных экспериментов, составляет примерно 150-170 рублей, а вариант готового изделия SEN-10530 компании SparkFun с необходимой обвязкой и удобными контактами для пайки находится в ценовом диапазоне 500-600 рублей (схема подключения находится по ссылке [10]). Связав в единую измерительную сеть такой магнитометр, акселерометр и гироскоп, можно получить полноценную инерциальную систему, определяющую свое местоположение в пространстве. А областей применения, как электронного компаса, так и полноценной инерциальной системы в современном мире найдется предостаточно. ■

Ссылки

1. Воронов В.В, Григорьев Н.Н., Яловенко А.В. Магнитные компасы. Теория, конструкция и девиационные работы. – СПб.: «Элмор», 2004. – 192 с.
2. 3-axis digital compass IC HMC5883L. Datasheet. Документация Honeywell.
http://www51.honeywell.com/aero/common/documents/myaerospacecatalog-documents/Defense_Brochures-documents/HMC5883L_3-Axis_Digital_Compass_IC.pdf
3. AN-203. Compass heading using magnetometers. Документация Honeywell.
<http://magneticsensors.com/literature.php>

4. AN-215. Cross axis effect for AMR magnetic sensors. Документация Honeywell.
<http://magneticsensors.com/literature.php>
5. Michael J. Caruso. Applications of Magnetic Sensors for Low Cost Compass Systems.
[http://hnc.ru/lib/a&c%20\(automatic%20&%20controls\)/sensors/DataSheet/Magnit/Honeywell/lowcost.pdf](http://hnc.ru/lib/a&c%20(automatic%20&%20controls)/sensors/DataSheet/Magnit/Honeywell/lowcost.pdf)
6. Michael J. Caruso. Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems.
<http://www.ssec.honeywell.com/position-sensors/datasheets/sae.pdf>
7. Bratland T., Hong W. Linear Position Sensing Using Magnetoresistive Sensors.
http://www51.honeywell.com/aero/common/documents/Linear_Position_Sensing_Using_Magnetoresistive_Sensors.pdf
8. Compensating for Tilt, Hard Iron and Soft Iron Effects. Документация MEMSense.
http://www.memsense.com/docs/MTD-0802_1.2_Magnetometer_Calibration.pdf
9. AN4246. Calibrating an eCompass in the Presence of Hard and Soft-Iron Interference. Документация Freescale. http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN4246.pdf
10. http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/BreakoutBoards/HMC5883L_Breakout-v11.pdf

Радиочастотные микросхемы в решениях для систем контроля давления в шинах

Stephen Evanczuk, Electronic Products

Digi-Key

Системы контроля и мониторинга давления в шинах автомобилей (Tire-Pressure-Monitoring System – TPMS) позволяют заблаговременно сообщать об отклонениях давления от нормы или о повреждениях шин. TPMS, работающие отдельно или совместно с другими электронными системами автомобилей, играют существенную роль в обеспечении безопасности пассажиров, удобства управления автомобилем и продления срока службы шин. Основой большинства таких систем являются радиочастотные микросхемы, выполняющие функцию передачи данных о давлении, используемых системой безопасности автомобиля для предупреждения водителя о неполадках. Для разработки интегрированных, автономных и дополнительных TPMS устройств, инженеры могут воспользоваться доступными решениями известных производителей, в том числе Atmel, Maxim Integrated Products, Silicon Laboratories, Texas Instruments и др.

Системы TPMS можно разделить на две группы: с датчиками непосредственного измерения, напрямую отслеживающими давление

шин, и косвенного измерения, использующими антиблокировочную систему автомобиля для определения изменения скорости вращения колеса, обусловленного уменьшением радиуса спущенной шины. В данной статье будет рассмотрен метод непосредственного мониторинга давления в шинах с помощью радиочастотных микросхем, передающих результаты измерений в систему управления безопасностью автомобиля.

Архитектура TPMS систем

Модули TPMS непосредственного измерения монтируются на внутренней стороне колесного диска и закрепляются на вентиле для накачивания шин (или вместо него). Каждый модуль измеряет текущее давление шины и по беспроводному низкочастотному каналу передает данные в специализированный TPMS контроллер или электронную систему управления автомобилем. Модули питаются от несъемных элементов питания, поэтому их энергопотреблению следует уделять при проектировании особое внимание. Для экономии энергии в архитектуре TPMS обычно исполь-

зуется специальный инициатор, передающий низкочастотный радиосигнал, по которому каждый TMPS модуль выходит на рабочий режим и передает данные о давлении в шинах, а затем снова уходит в «спящий» режим.

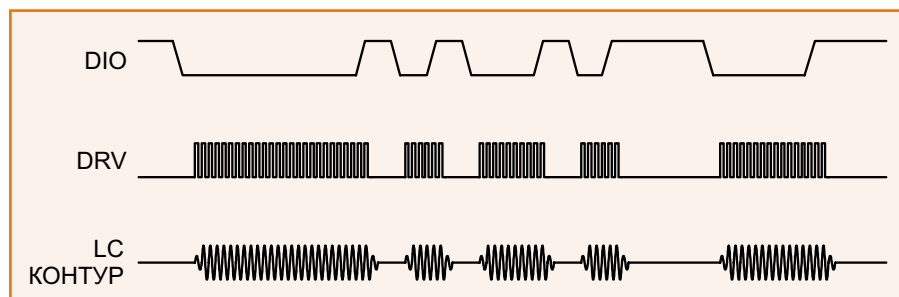


Рисунок 1. Помимо формирования простого сигнала пробуждения микросхема ATA5276 может использоваться и для беспроводной передачи АСК-модулированных данных модулям TMPS.

Для целей инициации измерений компанией Atmel специально разработана микросхема ATA5276 – низкочастотный передатчик диапазона 100 – 150 кГц с выходным током драйвера антенны до 1.5 А. Микросхема управляет LC контуром с частотой резонанса 125 кГц, выполняющим функцию инициатора. Микросхема управляется по простому однопроводному интерфейсу, содержит управляющую схему и генератор управляемый напряжением (ГУН), формирующий сигнал с частотой 125 кГц для возбуждения LC контура инициатора. Подавая последовательность данных на вывод DIO вместо обычного сигнала пробуждения, разработчики могут использовать ATA5276 для передачи АСК-модулированных данных TMPS модулям (Рисунок 1).

Фактически, в каждой шине автомобиля установлен измерительный модуль TMPS, состоящий из датчика давления, схемы обработки сигнала и радиочастотного пере-

датчика. При использовании блока инициатора, схема пробуждения модулей TMPS может быть сделана очень простой, например на основе компаратора MAX9075. В этом случае к входу компаратора подключается LC контур с резонансной частотой равной рабочей частоте инициатора (Рисунок 2). Выход компаратора управляет транзистором, который, в свою очередь, используется для активации процесса измерения давления модулем TMPS.

Измерение давления в шине

Результат измерения давления в шинах зависит от применяемых датчиков давления, выдающих температурно-зависимый дифференциальный выходной сигнал, как правило, очень нелинейный, с большим смещением и дрейфом. Для линейаризации, калибровки и температурной компенсации необходима схема преобразования и нормирования сигналов датчиков. Чтобы упростить эту часть схемы TMPS разработчики могут использовать специализированные интегральные микросхемы Texas Instruments

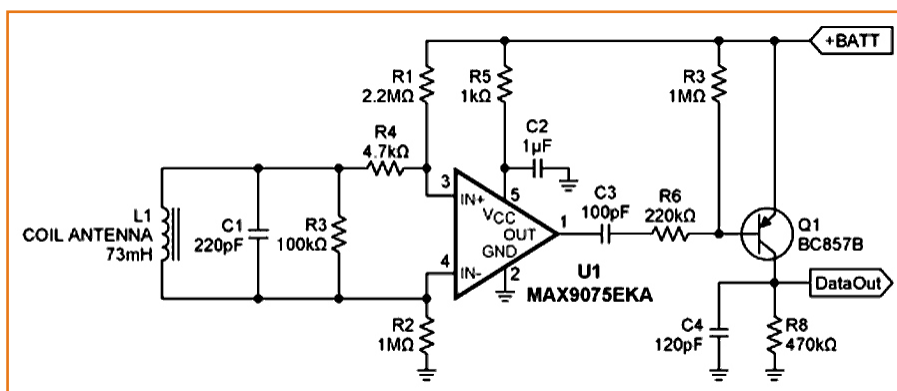


Рисунок 2. В ответ на сигнал, детектированный LC контуром, схема пробуждения в модуле TMPS посылает остальным компонентам разрешающий сигнал, используя лишь один транзистор, переключаемый аналоговым компаратором.

PGA039 или Maxim MAX1452, или аналогичные приборы со встроенной подсистемой преобразования и нормирования сигналов датчика (Рисунок 3).

В PGA039 содержится полная цепочка обработки сигнала, включающая входной мультиплексор, инструментальный усилитель с программируемым коэффициентом усиления, схему линейаризации, источник опорного напряжения, управляющую логику и выходной усилитель. Разработчики имеют возможность калибровки устройства по однопроводному цифровому интерфейсу, параметры калибровки могут храниться во внешней EEPROM.

Микросхема MAX1452 – это прецизионное решение для преобразования и нормирования сигналов, совмещающее программируемый входной усилитель, цифро-аналоговые преобразователи, датчик температуры и EEPROM. Устройство сначала усиливает входной сигнал, затем выполняет его аналоговую температурную коррекцию, и, наконец, производит завершающую цифровую коррекцию. Кроме того, микросхема позволяет калибровать и корректировать сигналы датчика путем программного управления величиной тока или напряжения возбуждения измерительного моста.

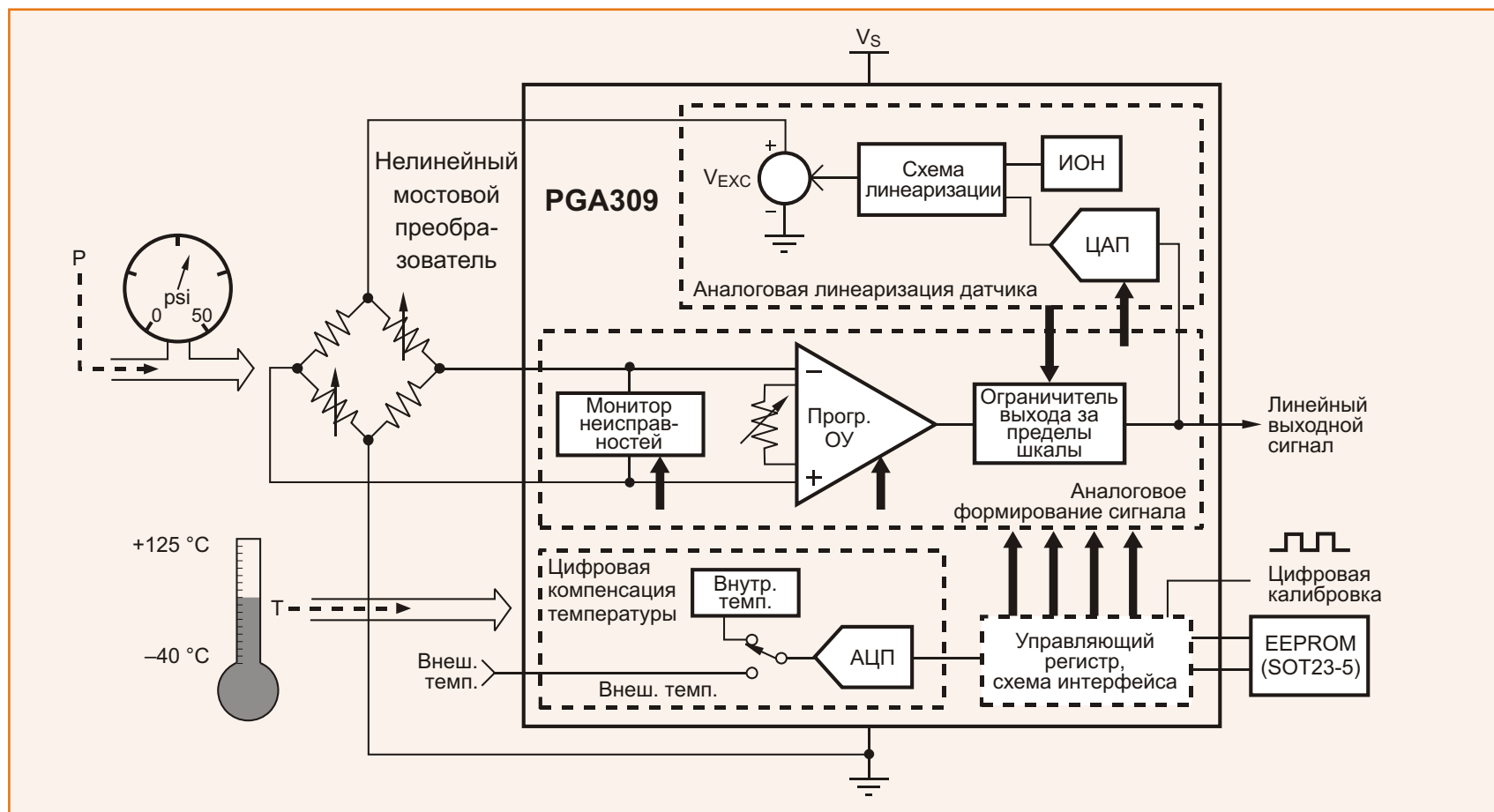


Рисунок 3. Специализированная микросхема PGA039 для преобразования и нормирования сигнала имеет весь необходимый функционал, необходимый для линейаризации, температурной компенсации и калибровки выходного сигнала датчика давления.

Радиочастотная коммуникация

Разработчики беспроводных TMPS имеют большой выбор интегральных устройств ISM диапазона. Для TMPS модулей, требующих только передачи данных, могут использоваться микросхемы Maxim MAX7044, Micrel MICRF112, Silicon Labs Si4020/Si4021, Texas Instruments CC1070 и другие. Любой из приборов представляет собой завершенное решение, требующее минимального количества внешних компонентов, включающего кварцевый резонатор, блокировочные конденсаторы и элементы согласования выходного усилителя с антенной.

Микросхема MAX7044 предназначена для передачи ASK/OOK сигналов в диапазоне 300 МГц – 450 МГц. Микросхема отличается повышенной выходной мощностью, составляющей +13 дБм при напряжении питания 2.7 В и потребляемом токе 7.7 мА. ASK/FSK передатчик Micrel MICRF112 в рабочем диапазоне 300 МГц – 450 МГц имеет выходную мощность до +10 дБм. В отличие от большинства других устройств этого класса, требующих напряжения питания от 2.0 до 2.2 В, MICRF112 сохраняет работоспособность при 1.8 В.

Передатчики Si4020/Si4021 представляют собой полностью интегрированное решение для диапазона ISM, требующее лишь внешнего кварцевого резонатора и обходного

фильтра. Две совместимых по выводам микросхемы имеют встроенную быструю ФАПЧ для работы в диапазонах 433, 868 и 915 МГц. Si4020 дополнительно может работать в диапазоне 315 МГц, а Si4021 отличается повышенной выходной мощностью (8 дБм, против 3 дБм у микросхемы Si4020).

Выпускаемый Texas Instruments однокристалльный передатчик CC1070 позволяет, используя встроенные ГУН и делитель частоты, программно устанавливать рабочий диапазон. Устройство содержит также гибкую программируемую схему управления питанием, дающую разработчикам простую возможность включать режим сверхнизкого энергопотребления, когда модуль TMPS завершает передачу данных.

Система контроля и мониторинга давления в шинах является одним из важных устройств, обеспечивающих безопасность управления автомобилем и повышающих общий уровень комфорта пассажиров. Для успешной разработки интегрированных или автономных TMPS устройств инженерам необходимо объединить схему преобразования сигнала от датчика и передающую радиочастотную часть. Наличие описанных выше высокоинтегрированных решений ISM диапазона может значительно упростить конструкцию и сократить время разработки более сложных систем безопасности автомобиля. ■

Оборви счетчику провода: беспроводные решения диапазона < 1 ГГц от Texas Instruments



Александр Калачев (г. Барнаул), e-mail: ti@compel.ru

Беспроводные решения при организации сети учета и контроля расходования энергии в жилом фонде экономичнее проводных в два раза. А гибкость таких решений разработчику обеспечит семейство энергоэффективных беспроводных устройств диапазона <1 ГГц от компании Texas Instruments. В первой половине 2011 года компания расширила линейку интегральных приемопередатчиков, добавив к популярной модели CC1101 высокопроизводительные изделия серии Performance (CC1120, CC1101....CC1121) и бюджетные изделия серии Value (CC110L, CC113L, CC115L).

Одним из перспективных секторов рынка в России является автоматизация в области жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), особенно в области учета потребления ресурсов. Причем остро данная проблема стоит для всех сторон, преследующих порой совершенно разные цели – это поставщики ресурсов или услуг, посредники-распределители, и, конечно, потребители. Одним требуется как можно более полный учет потребления, другим важна динамика потребления ресурсов и низкая стоимость внедрения и владения системой учета, третьи заинтересованы в прозрачности процесса формирования тарифов и начисления счетов.

Основные ресурсы, подлежащие учету – электроэнергия, вода, газ, тепло. Системы,

позволяющие автоматически учитывать все эти ресурсы на определенном объекте или объектах, носят название – автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ). Безусловно, построение АСКУЭ – задача не простая, и требующая индивидуального подхода для каждого случая, к тому же требуется решение как инженерных, так и организационных задач [1].

Обычно в АСКУЭ выделяют несколько уровней:

- уровень сбора информации;
- уровень передачи информации (связующий);
- уровень сбора, анализа и хранения данных.

При этом имеем обратную зависимость между количеством отдельных устройств на каждом из уровней и потоками данных, с которыми им приходится оперировать (наибольшее количество устройств будет на уровне сбора данных, а наибольший поток данных – на уровне сбора и анализа данных).

Внедрение единой системы учета энергоресурсов – проблемы и вызовы

С точки зрения встраиваемых систем наиболее интересны первые два уровня. В организационном плане имеем взаимодействие между конечными потребителями (квартиросъемщики, юридические или частные лица – объекты учета (точнее ресурсы, ими потребляемые)) и одним или несколькими посредниками (товарищества собственников жилья – ТСЖ, жилищно-эксплуатационные управления – ЖЭУ, управляющие компании – субъекты учета). В инженерном плане – задачи размещения датчиков и счетчиков, организация транспортировки данных, совместной работы всех систем учета. При этом в настоящее время практикуется как поквартирный, так и подомовой учет ресурсов.

Рассмотрим взаимодействие между субъектом учета и конечными потребителями. Можно выделить несколько характерных ситуаций, наблюдаемых в населенных пунктах.

Несколько многоквартирных домов, обслуживаемых одним субъектом учета. Данный случай представляется практически идеальным, так как расположение объектов учета относительно компактное (площадь порядка нескольких гектар ~200 300 метров), количество объектов также относительно невелико – в районе единиц тысяч.

Отдельные микрорайоны или жилищные массивы. Ситуация чаще всего встречается в районах новостроек, когда один или несколько кварталов застраивает одно предприятие, в населенных пунктах, где это географически целесообразно (например из-за особенностей рельефа), или в случае существующих (существовавших) районно- и градообразующих предприятий. Случай характерен достаточно большой площадью территории (речь может идти о десятках квадратных километров) и очень большим количеством объектов учета – для небольшого городского микрорайона эта цифра составляет примерно 30-50 тысяч объектов.

Коттеджные поселки, населенные пункты сельского типа. Характерны большой занимаемой площадью – в несколько десятков квадратных километров (ситуация может быть усложнена особенностями рельефа), относительно небольшим количеством объектов учета.

В случае поквартирного учета в каждой квартире устанавливается набор счетчиков – электричества, расхода газа, расхода воды (отдельно холодная, горячая, возможно – канализация), теплосчетчик – т.е. порядка четырех-пяти устройств. Для их установки необходима некая система питания и среда передачи данных. Конечно, в случае новостроек наличие датчиков можно предусмотреть и заложить соответствующие линии в СКС здания, но остается проблема квартир свободной планировки и популярной перепланировки квартиры жильцами уже после сдачи дома. Для уже эксплуатируемых зданий существует проблема установки счетчиков в условиях жилого интерьера. Естественно, существует определенный выбор между проводными и беспроводными способами передачи данных от

отдельных счетчиков на квартирный, подъездный или домовый центральный узел.

Беспроводные технологии в АСКУЭ

Рассмотрим подробнее некоторые особенности организации АСКУЭ с использованием беспроводной передачи данных. Основные проблемы:

- переход на автономные источники питания – высокие требования по энергоэффективности приемопередатчиков и управляющих устройств – учитывается время работы устройств без замены источника питания;
- взаимное влияние радиоустройств – однотипные устройства, приборы сигнализации, связи, бытовая электроника – возможная интерференция сигналов, возможность работы нескольких устройств в одном частотном диапазоне, взаимное влияние частотных каналов, селективные возможности приемников;
- обеспечение надежной постоянной связи – наличие препятствий, затухание сигнала с расстоянием, многолучевое распространение – чувствительность приемника, мощность передатчика, способы модуляции сигнала;
- обеспечение информационной безопасности системы – подмена трафика, атаки на доступность, подавление сигнала – модуляция сигнала, шифрование трафика, протоколы обмена.

На данный момент наиболее интересной для реализации беспроводного обмена данными в АСКУЭ представляется низкочастотная часть ISM-диапазона, а именно частоты менее 1 ГГц. Причины этому следующие:

- в диапазоне 433 МГц присутствует большое количество охранных устройств –

сигнализации, пожарно-охранные системы;

- в диапазоне 2.4 ГГц присутствует большое количество устройств – компьютеры и беспроводное сетевое оборудование, беспроводные наушники, гарнитуры, системы типа «умный дом»;
- сигналы с частотами менее 1 ГГц меньше подвержены влиянию препятствий в виде стен, домов, деревьев;
- при равных мощностях могут обеспечить более уверенный прием данных (уменьшение частоты передачи в два раза примерно во столько же увеличивает дальность (формула Фриза)).

Семейство энергоэффективных беспроводных устройств CC1xxx

Для субгигагерцового диапазона компаний Texas Instruments предлагается достаточно широкий спектр продукции [2]:

- антенные усилители – серия **CC1190**;
- приемники – серия **CC113L**;
- передатчики – **CC115L, CC1150, CC1050, CC1070**;
- приемопередатчики – серии **CC110L, CC102x, CC1101, CC1120, CC1121**
- системы на кристалле:
 - **CC430** – на основе приемопередатчика CC1101 с аппаратной поддержкой шифрования AES-128 и 16-битным контроллером (ядро MSP430);
 - **CC111x** – с 8-битным контроллером (ядро 8051), поддержкой шифрования AES-128.

В качестве программной поддержки предлагается фирменный стек протоколов SimpliciTI [3], подходящий практически для

всех систем на кристалле и связок приемопередатчик + микроконтроллер MSP430x. Данный стек протоколов может быть использован для прототипирования беспроводных систем или как основа для сетевых приложений. Помимо этого планируется выпуск нового беспроводного процессора CC1180 для реализации сети 6LoWPAN. Новинка основана на системе на кристалле CC1110F32 с прошитым стеком 6LoWPAN от компании Sensinode [4]

Приемопередатчики CC1101

В основе беспроводных решений TI в рассматриваемом диапазоне лежит хорошо зарекомендовавшая себя архитектура многоканального приемопередатчика CC1101 (Рису-

нок 1) с выходной мощностью до 12 дБм, чувствительностью – 112 дБм и поддерживаемыми скоростями передачи данных до 600 кбит/с с управлением по интерфейсу SPI [5].

Данный приемопередатчик требует для своей работы лишь несколько пассивных компонентов благодаря встроенному частотному синтезатору. Способен работать в частотных диапазонах 300...348, 387...464, 779...928 МГц. Поддерживает несколько режимов частотной и амплитудной модуляции – 2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK и OOK, ASK. Обладает малыми временами выхода из режима низкого энергопотребления в режим приема или передачи (всего 240 мкс) и установлением

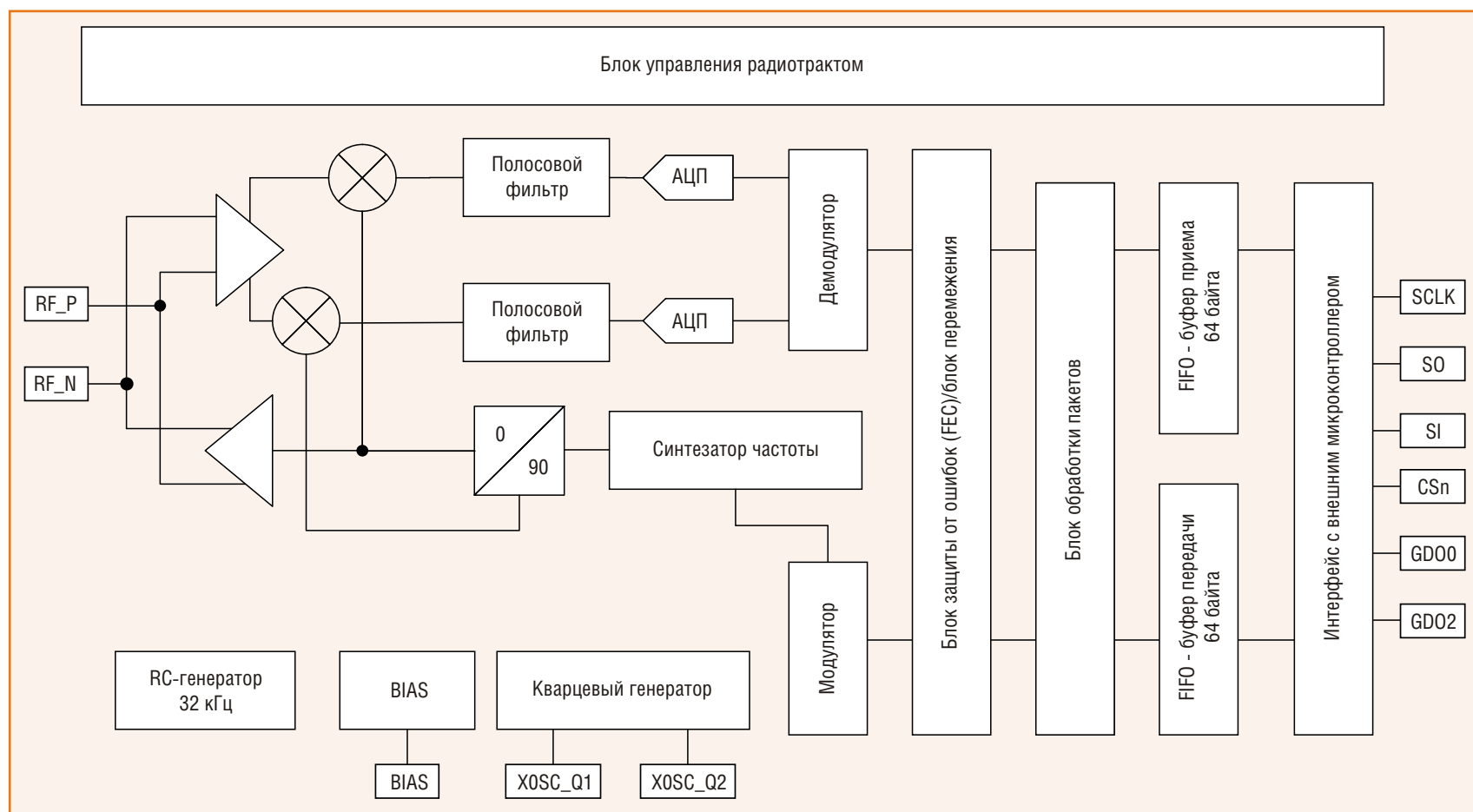


Рисунок 1. Упрощенная структура приемопередатчика CC1101.

частоты синтезатора (75 мкс), что позволяет использовать приемопередатчик в системах, использующих перестройку частоты (FHS). Поддерживается автоматическое прослушивание канала перед началом передачи (Clear Channel Assessment – CCA), имеется программируемый индикатор наличия несущей. Качество приема может быть оценено при помощи измерения уровня принятого сигнала (RSSI) (для отдельного пакета) и при помощи индикатора качества связи (LQI) (в целом по статистике успешного/неуспешного приема пакетов).

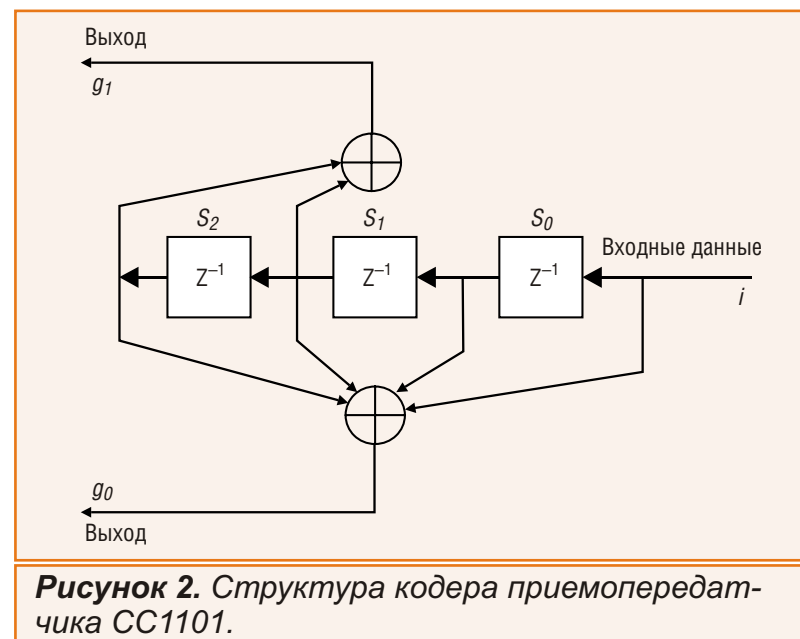
CC1101 ориентирован на применение в системах с пакетной передачей данных, имеет аппаратную поддержку детектирования синхрослова, проверку адреса, автоматический подсчет длины пакета и вычисление контрольной суммы. Также имеются два отдельных 64-байтных FIFO-буфера на прием и передачу (настраиваемый индикатор заполнения/опустошения буфера).

Кодовое усиление, как средство повышения надежности связи

Для уменьшения количества ошибок при приеме/передаче данных в CC1101 может быть задействован блок защиты от ошибок (Forward Error Correction – FEC) работающий по принципу избыточного кодирования [4, 5].

Кодирование реализовано при помощи сверточного нерекурсивного кодера (Рисунок 2) постоянной длины (4) с частотой потока 1/2 (один входной бит порождает один двухбитовый кодовый символ).

Поскольку сверточное кодирование лучше всего работает в условиях случайного появления ошибки в передаваемой/принимаемой битовой последовательности, а природа оши-



бок в радиоканале чаще всего способствует повреждению нескольких последовательно передаваемых бит, дополнительно при передаче/приеме используется блок перемежения/деперемежения. В CC1101 для перемежения используется матрица 4 4 – по одной ячейке на кодированный выходной бит. В итоге полная схема работы блока защиты от ошибок выглядит следующим образом – Рисунок 3.

Следует учитывать, что применение FEC ведет к падению фактической скорости передачи в два раза. Для сохранения прежней скорости передачи данных необходимо будет удвоить битовую скорость (или перейти от двоичного кодирования к четвертичному), что в ряде случаев может потребовать увеличения ширины частотного канала.

Режим Wake – on – Radio в приемопередатчиках CC1101

Приемопередатчик CC1101 является достаточно энергоэффективным решением – так, токи потребления в режиме приема лежат в пределах 14...17 мА, токи в режиме передачи

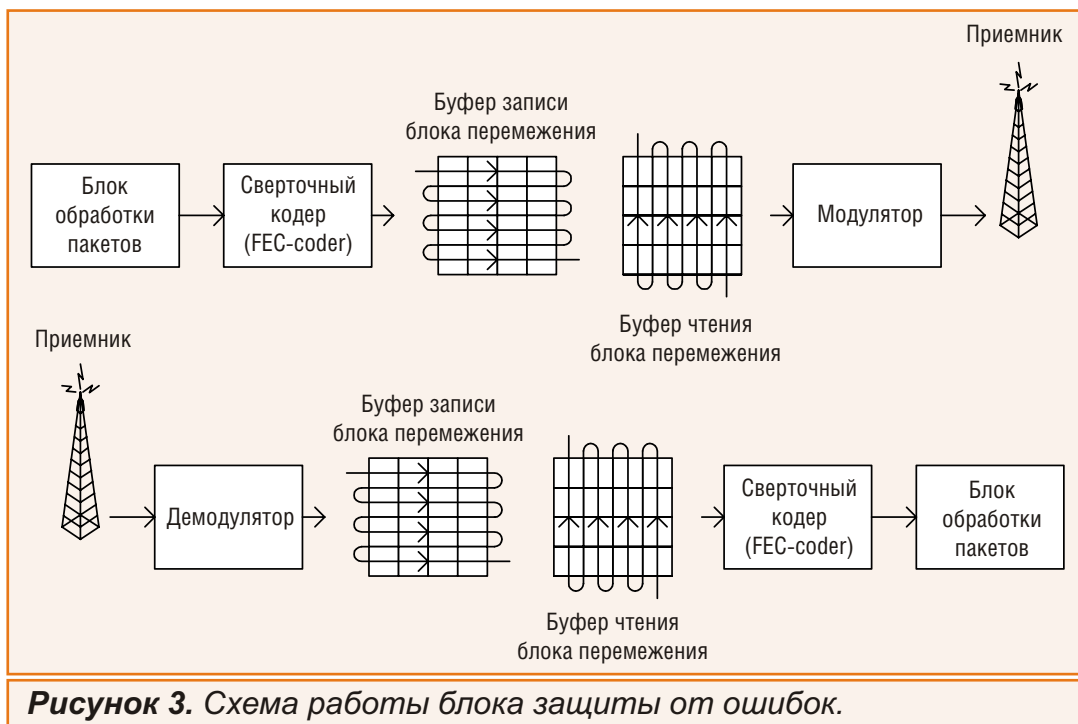


Рисунок 3. Схема работы блока защиты от ошибок.

15...35 мА в зависимости от заданного уровня выходной мощности и частотного диапазона. CC1101 имеет несколько режимов низкого энергопотребления, начиная от уровня 0.2 до 200 мкА – в зависимости от задействованных узлов [4, 6].

В дополнении к этому реализован специальный режим работы – пробуждение по наличию радиосигнала – Wake-on-Radio (WOR). В данном режиме радиоприемная часть CC1101 периодически активируется для прослушивания канала в течение заданного времени для приема пакетов без участия внешнего контроллера. Для этого используется специальный таймер, тактируемый от внутреннего RC-генератора, периодически генерирующий два сигнала – включение регулятора напряжения цифровой части и запуск кварцевого генератора (Event0) – режим IDLE и, через некоторое время, включение режима приема (Event1) – RX. Если в

течение установленного времени пакет не пришел, приемопередатчик переходит в режим IDLE, а затем в режим SLEEP. Момент срабатывания Event0 может быть отслежен на одном из GDOx выводов (Рисунок 4).

На Рисунке 5 качественно показаны уровни потребления тока в режиме WOR.

Если пакет пришел – работа устройства в режиме приема продолжится до окончания приема пакета. После этого внешний контроллер должен обработать пакет и перевести приемопередатчик в режим SLEEP командой SWOR.

Следует учитывать два факта:

- данные пакета теряются при переходе в режим SLEEP;
- время на прием, обработку пакета и перевод в спящий режим должно быть меньше периода генерации таймером WOR сигнала Event0.

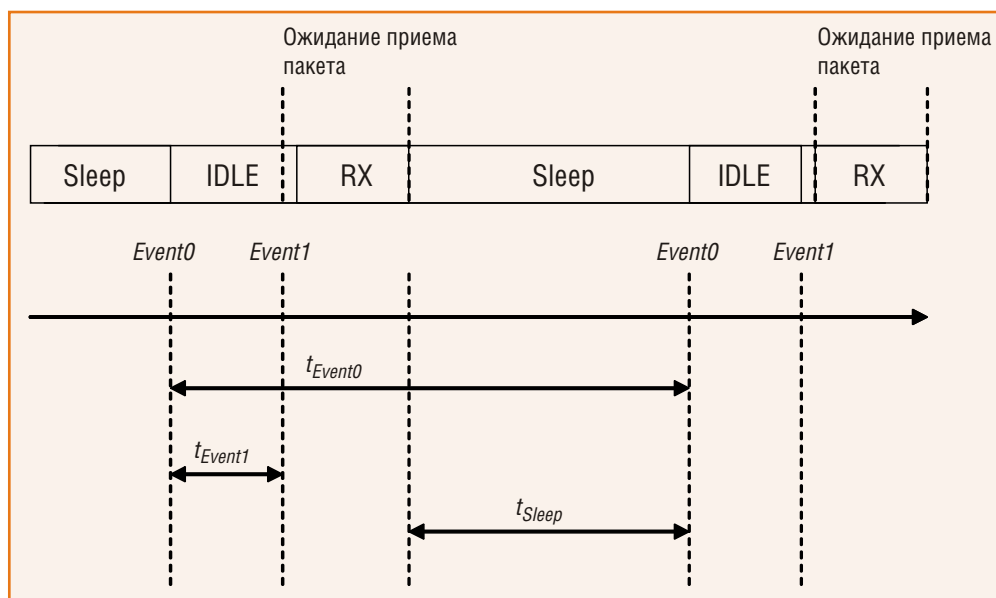


Рисунок 4. Принцип работы режима Wake-on-Radio.

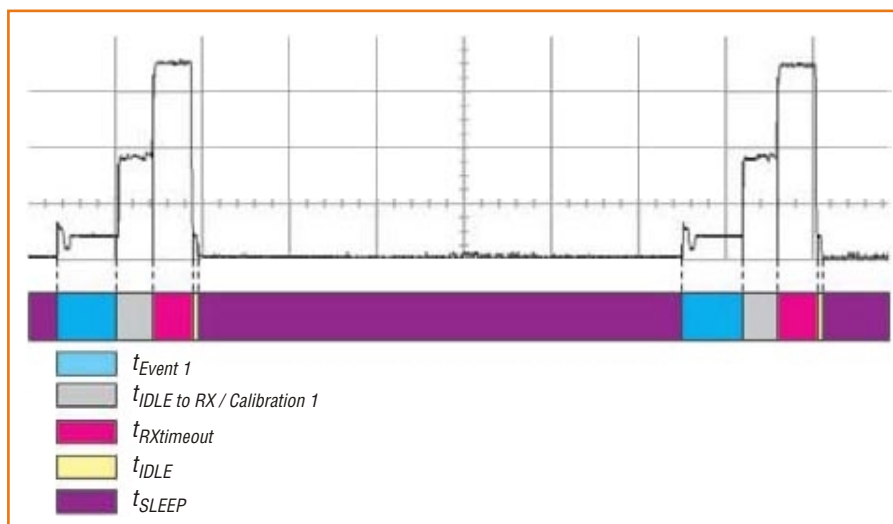


Рисунок 5. Качественное распределение потребления тока при работе в режиме Wake-on-Radio.

Применение режима WOR позволяет в несколько раз снизить ток потребления при работе системы на прием пакетов.

CC1101 выпускается в малогабаритном низкопрофильном корпусе – QLP20 – размеры 4 4 мм.

Дальнейшее развитие серии вылилось в начале 2011 года в две линейки продуктов – Performance Line и Value Line. Первая ориентирована, прежде всего, на приложения с высокой производительностью, требующие широкого спектра аппаратных возможностей для работы в самых разнообразных условиях. Вторая – линейка недорогих устройств, рассчитанных на массовое применение.

В линейке Performance представлены: узкополосный (12.5 кГц/до 8 кГц) многоканальный приемопередатчик CC1120 и модифицированный приемопередатчик CC1101 – CC1121.

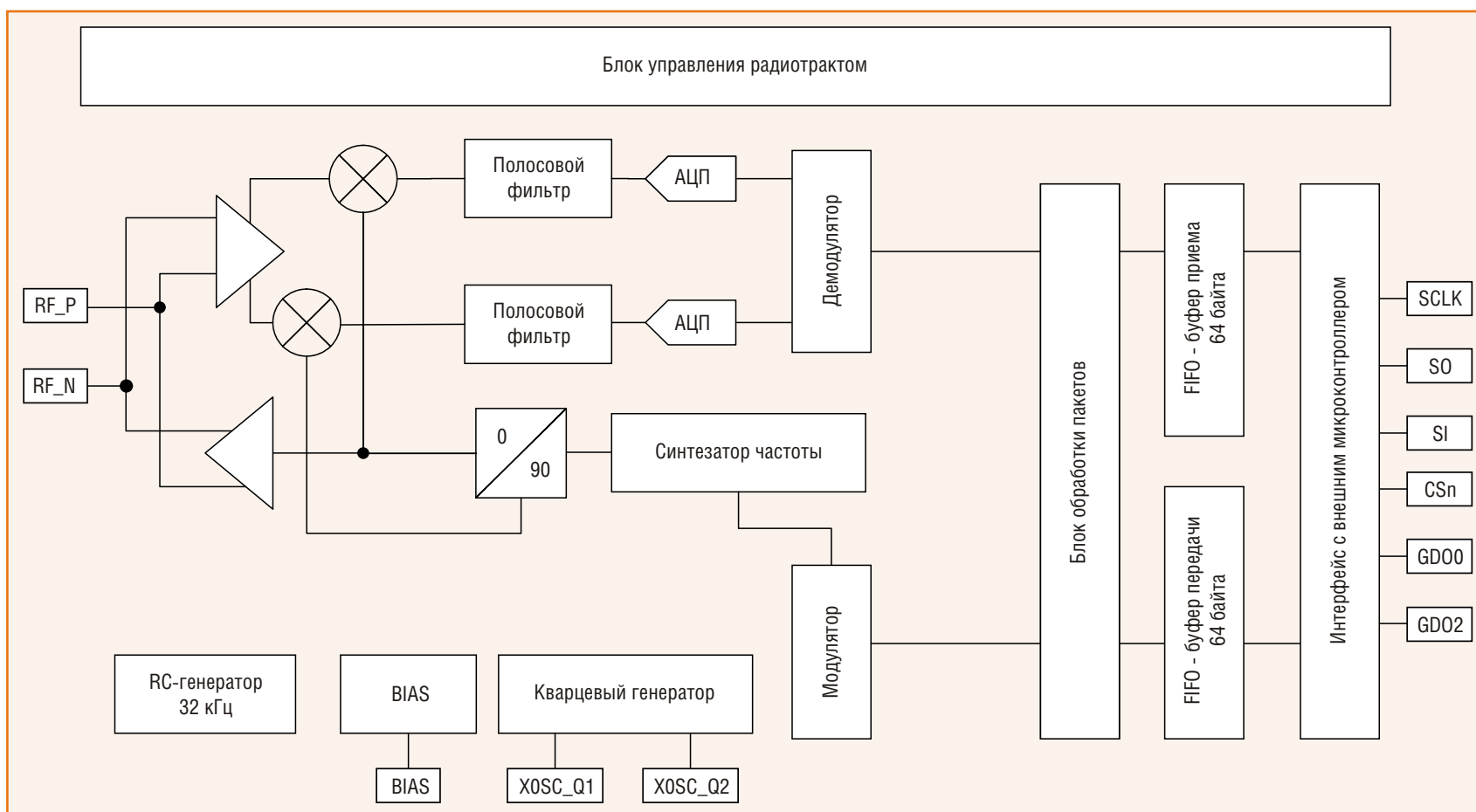


Рисунок 6. Структура приемопередатчиков серии CC110L.

В линейку Value вошли приемопередатчик CC110L и отдельные микросхемы приемников CC113L и передатчиков CC115L – бюджетные микросхемы, совместимые с приемопередатчиками CC1101.

Основные особенности семейства CC11xL

CC110L (Рисунок 6) – приемопередатчик для частотных диапазонов 300...348 МГц, 387...464 МГц, и 779...928 МГц, основанный на CC1101 с аналогичными характеристиками производительности радиотракта [8, 9]. Имеет аппаратную поддержку обработки пакетов (детектирование синхрослова, автоматический подсчет контрольной суммы), буферизации данных (FIFO-буферы по 64 байта на прием и передачу), непрерывной передачи боль-

ших объемов данных. Наилучшие показатели чувствительности – 116 дБм при скорости передачи данных 0.6 кбит/с. Скорость передачи данных варьируется в пределах от 0.6 до 600 кбит/с.

Приемопередатчик поддерживает частотную (2-FSK, 4-FSK, GFSK) и амплитудную (OOK) модуляции сигнала. Время выхода из режима низкого энергопотребления (ток потребления ~200 нА) в режим приема или передачи – порядка 240 мкс. Отсутствие режима пробуждения по наличию радиосигнала (Wake-on-Radio – WOR) и блока коррекции ошибок (Forwarding Error Correction – FEC) несколько снижает функциональность устройства, но зато положительно сказывается на его цене. Отсутствует также аналоговый датчик температуры.

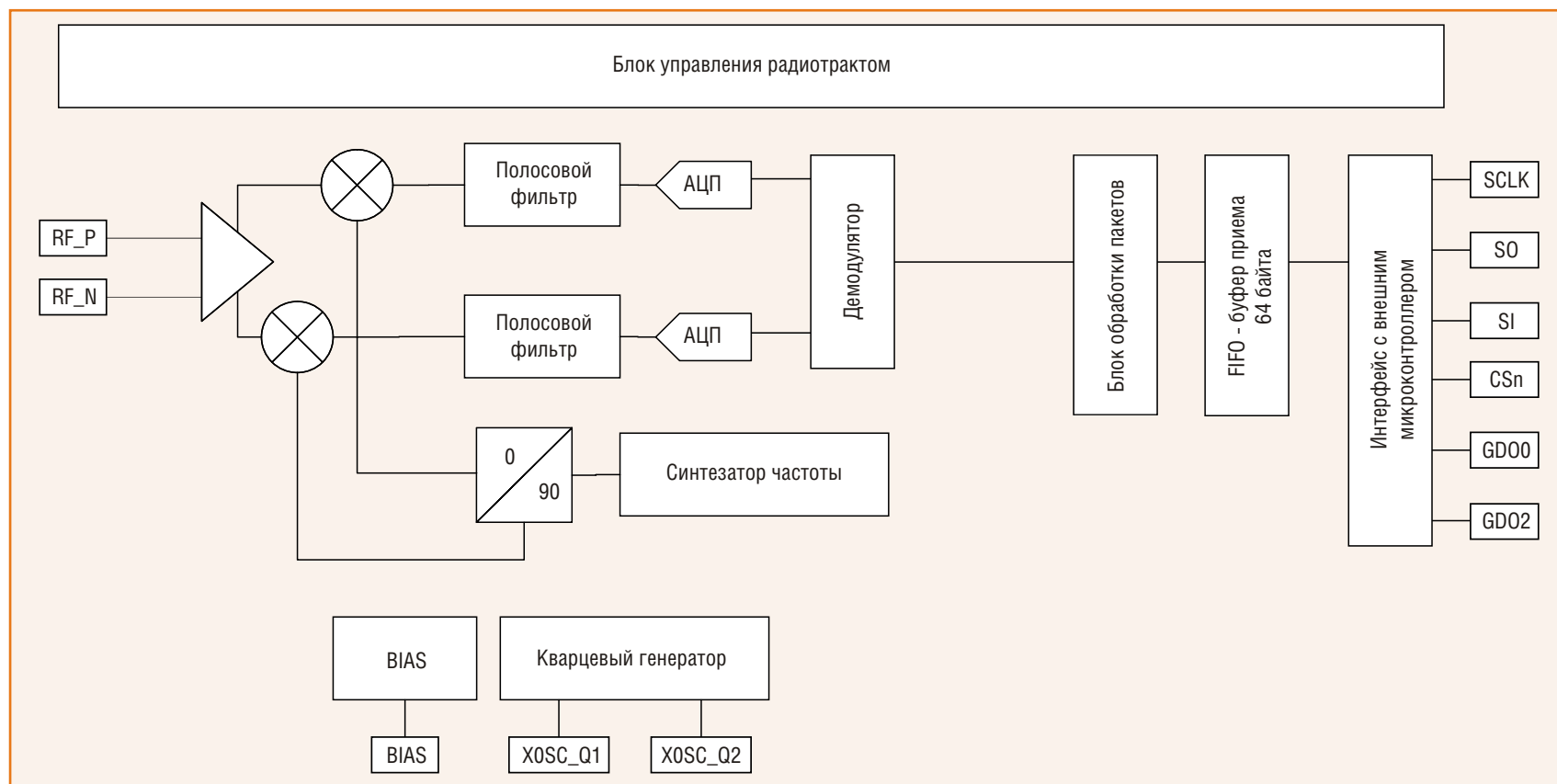


Рисунок 7. Структурная схема приемника CC113L.

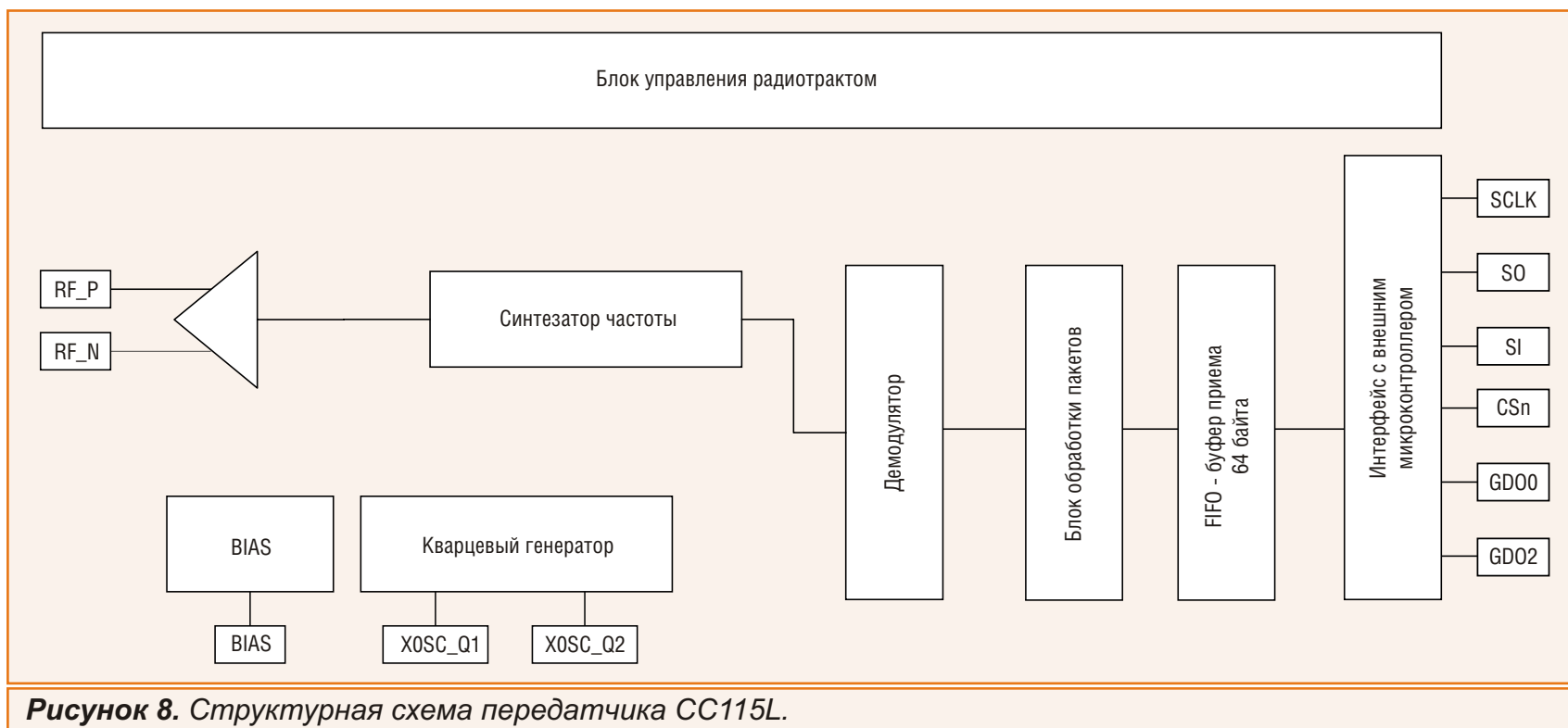


Рисунок 8. Структурная схема передатчика CC115L.

CC110L по выводу и схемотехнически совместим с CC1101 и выпускается в таком же корпусе – QLP20 (4 4 мм).

Для случаев, когда поток данных – только однонаправленный, идеально подойдут отдельные микросхемы приемников CC113L и передатчиков CC115L (Рисунки 7 и 8), полностью совместимые с CC110L и имеющие еще меньшую стоимость [10-13].

Основные особенности семейства CC112X

Изделия серии CC112x [14-17] являются усовершенствованными версиями приемопередатчика CC1101. Усовершенствования коснулись и радиотракта, и цифровой части, и режимов работы. В результате получился экономичный, высокоизбирательный, высокочувствительный приемопередатчик, что позволяет использовать его в условиях высокого

уровня шума, плотного использования радиоканала, высоком уровне интерференционных помех или больших расстояниях между узлами.

Высокопроизводительные многоканальные приемопередатчики CC112x (Рисунок 9) обладают максимальной выходной мощностью до 16 дБм, чувствительностью –123 дБм и поддерживаемыми скоростями передачи данных от 1.2 до 200 кбит/с с управлением по интерфейсу SPI. Выходная мощность регулируется с шагом 0.5 дБм, а чувствительность может быть еще улучшена за счет применения схемы кодового усиления до -125 дБм (один информационный бит кодируется четырьмя чипами). Все это позволяет увеличить максимальную дальность передачи на расстояния до 10 километров.

Сердцем приемопередатчика является встроенный частотный синтезатор с низким

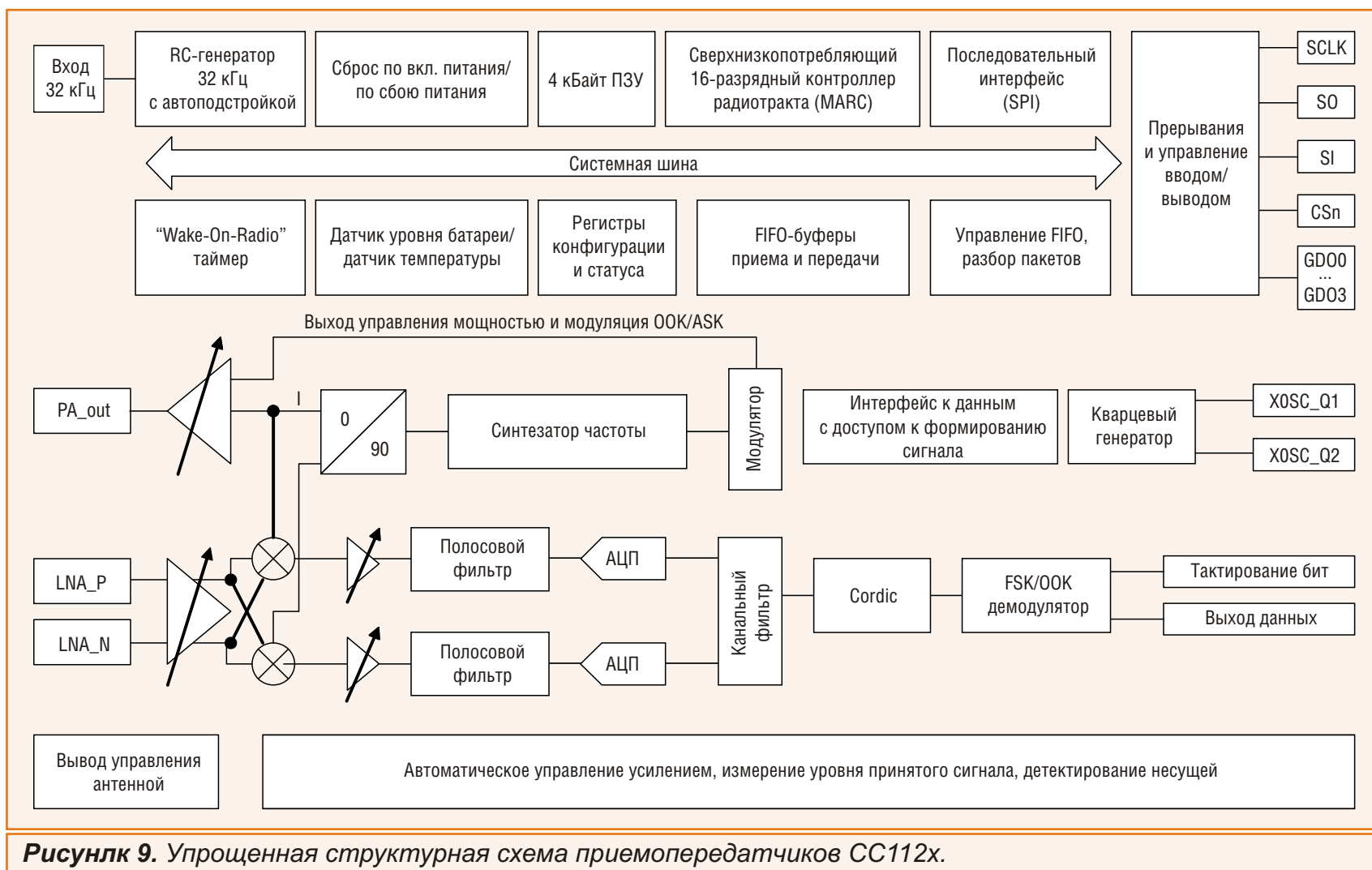


Рисунок 9. Упрощенная структурная схема приемопередатчиков CC112x.

уровнем фазовых шумов, что способствует высокой избирательности системы.

Приемопередатчик способен работать в частотных диапазонах 164...192, 410...480, 820...960 МГц. Поддерживаются режимы модуляции 2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK и аналоговая частотная модуляция. По сравнению с CC1101 уменьшено до 150 мкс время выхода из режима низкого энергопотребления в режим приема. Также поддерживается автоматическое прослушивание канала перед началом передачи (Clear Channel Assessment – CCA), имеется программируемый индикатор наличия несущей.

Качество приема может быть оценено при помощи измерения уровня принятого сигнала (RSSI) с высокой степенью линейности в широком диапазоне.

CC112x имеют аппаратную поддержку детектирования синхрослова, проверку адреса, автоматический подсчет длины пакета и вычисление контрольной суммы. Добавлена поддержка ретрансляции пакетов, автоматическая отправка подтверждения принятия пакета. Размеры приемного и передающего буфера увеличены до 128 байт каждый, что упрощает передачу больших объемов данных (Рисунок 9).

Следует отметить, что в сигнальном тракте CC112x используются цифровые фильтры, обеспечивающие высокую стабильность параметров вне зависимости от напряжения питания и температуры. Благодаря фильтрам обеспечивается высокий уровень подавления сигнала вне текущего частотного канала – более 80 дБ (65 дБ при отступлении от центральной частоты канала на 12.5 кГц, 90 дБ при отступлении от центральной частоты канала на 10 МГц). Это позволяет применять приемопередатчики в условиях плотного использования частотного диапазона или при большом количестве устройств на одной территории. А это, в свою очередь, повышает совместимость систем, использующих CC112x, как друг с другом, так и с другими системами, использующими радиоканал, и упрощает процесс установки.

Версия CC1120 позволяет использовать ширину канала менее 12.5 кГц – например, при скорости 4.8 кбит/с ширина канала может достигать всего 6.25 кГц.

Новый режим пониженного энергопотребления – Sniff Mode

В серии CC112x был улучшен режим пробуждения для прослушивания канала (пробуждение по наличию радиосигнала) – уменьшено энергопотребление 32 кГц RC-таймера, есть возможность автоматической калибровки таймера.

Важным дополнением к энергосберегающим режимам приемопередатчика стал новый режим прослушивания радиоканала (т.н. Channel Sniff Mode). Приемнику в CC112x требуется всего лишь время четырех бит преамбулы пакета для установления режима, включая компенсацию смещения частоты и автоматическую регулировку усиления. В режиме прослушивания возможность быстрой установки комбинируется с преамбулой большей длины для автоматической периодической проверки наличия сигнала. В этом режиме приемник автоматически через короткие промежутки времени проверяет наличие переда-

Таблица 1. Сравнительные характеристики приемопередатчиков серий CC1101, CC110L, CC112x				
Параметр	CC1101	CC110L	CC110L	CC1120
Чувствительность, дБм	116	116	120	123
Подавление соседнего канала (± 100 кГц), дБм	37	35	48	52
Максимальная выходная мощность, дБм	12	10...12	14...16	14...16
Частотные диапазоны, МГц	300...348 387...464 779...928	300...348 387...464 779...928	164...192 410...480 820...960	164...192 410...480 820...960
Минимальная ширина канала, кГц	50	50	50	12.5
Максимальная ширина канала, кГц	800	800	250	250
Максимальная скорость передачи, кбит/с	600	600	200	200
Режимы модуляции	2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK, OOK, ASK	2-FSK, 4-FSK, GFSK, OOK	2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM	2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM
Режимы работы приемника	Обычный, Wake-on-Radio	Обычный	Обычный, Wake-on-Radio, Sniff Mode	Обычный, Wake-on-Radio, Sniff Mode

чи в канале, после чего отключается, и в следующем периоде времени ситуация повторяется.

Режим прослушивания канала абсолютно прозрачен для пользователя, никак не влияет на характеристики приемопередатчика (чувствительность, избирательность) и позволяет уменьшить энергопотребление в режиме приема. Конечно, среднее потребление в режиме приема будет зависеть от текущей скорости передачи и длины преамбулы, но выигрыш заметен даже при больших скоростях. Так применение данного режима при длине преамбулы 4 бита на скорости 1.2 кбит/с снижает потребление на приеме с 21 мА до 3 мА, а на скорости 50 кбит/с – до 16 мА.

Некоторые сравнительные характеристики приемопередатчиков серий CC1101, CC110L, CC112x представлены в Таблице 1 [9, 11, 15, 17].

Отладочная платформа TRXEB

Для оценки возможностей приемопередатчиков серий CC110L предлагается отладочный набор CC110LDK-868-915 [18], содержащий:

- две платы TRXEB;
- два модуля с приемопередатчиками CC110L, по одному оценочному модулю с передатчиками CC115L и приемниками CC113L;
- комплект соединительных кабелей и документации (Рисунок 10).

Оценочные модули представляют собой печатные платы с установленными беспроводными устройствами, спиральными антеннами и разъемами для подключения внешней антенны.



Рисунок 10. Отладочный набор CC110LDK-868-915.

Плата TRXEB (Рисунок 11) содержит микроконтроллер MSP430F5438 MCU, светодиодные индикаторы, разъемы для подключения внешних устройств, оценочных модулей, набор кнопок, индикатор освещенности, трехосевой датчик ускорения, точечный жидкокристаллический экран 128 64 точки.

В качестве примера в TRXEB предустановлен тест канала передачи данных на ошибки передачи (PER test) и тест на дальность связи, исходные тесты демонстрационной программы также предоставляются. Подключение к

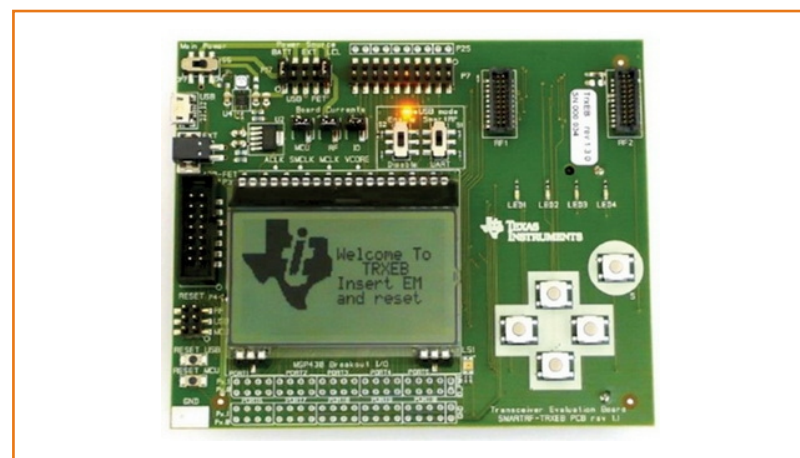


Рисунок 11. Отладочная плата TRXEB.



Рисунок 12. Отладочный набор CC1120DK.

персональному компьютеру – через USB-интерфейс.

На этой же плате базируется отладочный комплект (Рисунок 12) для представителя линейки Performance CC1120 - CC1120DK [19].

В его состав входит две платы TRXEB, два модуля с CC1120 в конфигурации на диапазон 868/915 МГц (для других диапазонов модули могут быть заказаны отдельно), две штыревые антенны, набор соединительных кабелей, батареи питания. В качестве примера предварительно прошит тест канала на количество ошибок (PER test).

Немного о затратах на канал передачи данных АСКУЭ

Средняя площадь жилья в России составляет примерно 60-70 кв. метров (учитывались и квартиры, и частные дома) – т.е., если использовать установку счетчиков в пределах

квартиры при помощи кабеля, получим около 16-20 метров кабельного канала (в идеальном случае, в реальных ситуациях речь может идти о 30-40 метрах). Средняя стоимость прокладки кабеля колеблется в районе 200 руб/метр в зависимости от конкретных условий. Т.е. исключительно на организацию канала передачи данных возможны затраты порядка 4 тысяч рублей. В этой связи использование беспроводных каналов передачи данных может оказаться предпочтительнее.

Если касаться затрат на беспроводные узлы АСКУЭ, они будут складываться из следующего:

- антенна;
- приемопередатчик;
- управляющий контроллер;
- интерфейс согласования со счетчиком (как правило, счетчики используют интерфейс RS-485);
- источник питания (аккумуляторная батарея).

Для уровня оптовых цен стоимость одного узла оценивается примерно в 250-400 рублей. С учетом случая одного узла на отдельный счетчик и одного счетчика на каждый из энергоресурсов для одной квартиры стоимость организации беспроводного канала на базе CC11xx оценивается в 1500-2000 рублей, что примерно в два раза лучше, чем для оптимистичного прогноза проводного решения.

Заключение

Из представленных данных видно, что модули CC110L могут быть использованы для эффективной организации радиоканала узлов сети АСКУЭ при относительно небольшой плотности размещения узлов. Отсутствие режима WOR во многих случаях будет озна-

чать немного возросшую нагрузку на управляющий контроллер, и это также будет необходимо учесть при построении сетевого протокола (например, работа по расписанию). Для части узлов, например, в счетчиках внутри квартиры или частного дома, в целях снижения стоимости можно использовать микросхемы передатчиков CC115L.

Для работы в условиях плотной застройки оптимальны узкополосные приемопередатчики CC1120, кроме того, с данными приемопередатчиками возможно построение систем с

переключением частот, что позволит полнее использовать бюджет частотного диапазона.

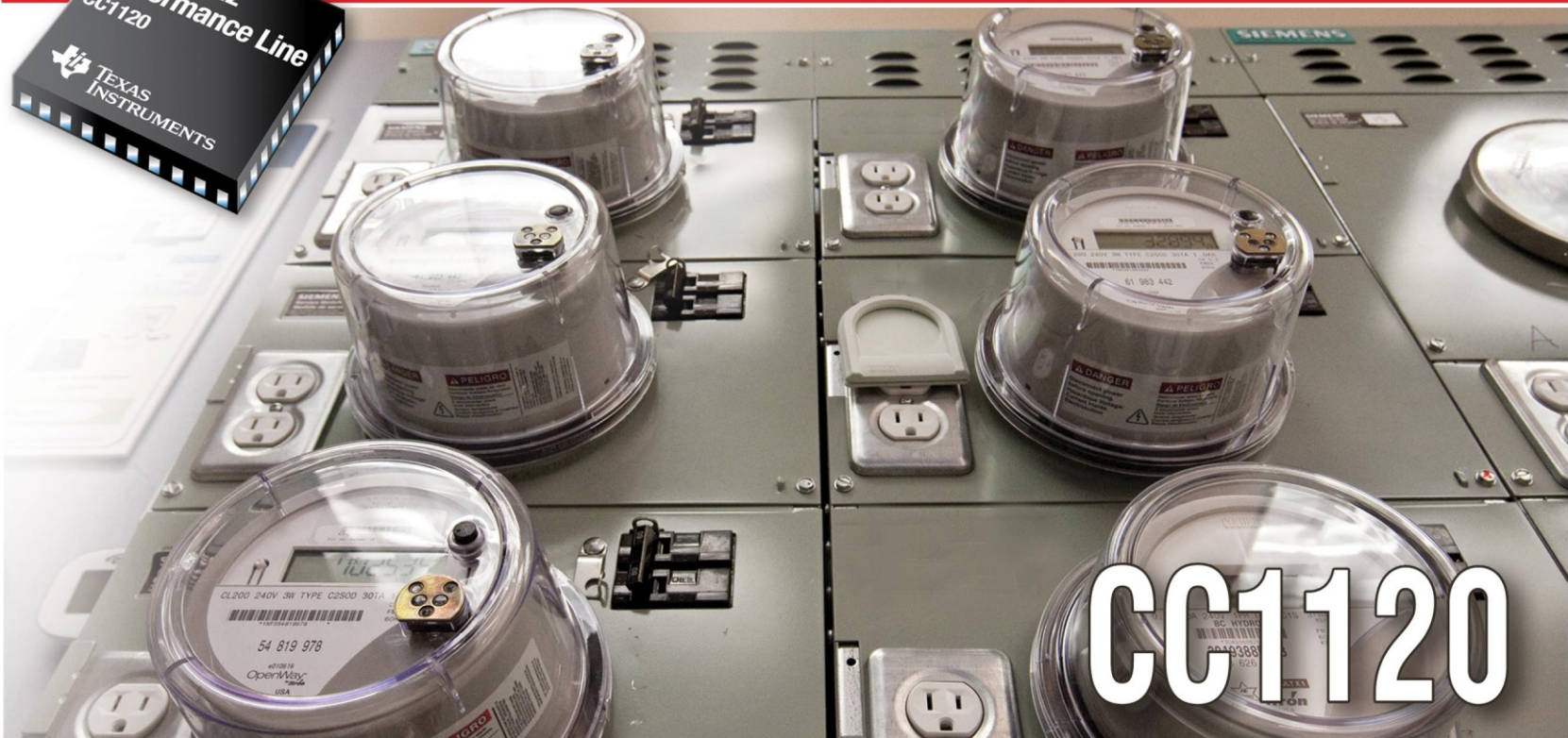
Приемопередатчики CC112x также хорошо подходят и для случая сильного территориального разнесения отдельных объектов учета в АСКУЭ.

Наличие готовых решений для печатных плат радиомодулей также можно считать важным преимуществом, т.к. это ощутимо снижает затраты на разработку отдельного узла системы. ■

Литература

1. Системы контроля энергетической эффективности и комплексный учет энергоресурсов//Астра Инжиниринг на сайте Автоматизация Производства <http://processautomation.ru/index.php?sel=stat&id=46>
2. Sub-1 GHz Product Search - Product Search - Wireless Connectivity - TI.com//http://focus.ti.com/paramsearch/docs/parametricsearch.tsp?family=wireless&familyId=935§ionId=646&tabId=2736&uiTemplateId=WLS_PRDSRCH_T
3. SimpliciTi™ - RF software protocol// http://www.ti.com/corp/docs/landing/simpliciTi/index.htm?DCMP=hpa_rf_general&HQS=NotApplicable+OT+simplici
4. <http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC-6LoWPAN>
5. CC1101 Low-Power Sub-1 GHz RF Transceiver// <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1101.pdf>
6. FEC Implementation <http://focus.ti.com/lit/an/swra113a/swra113a.pdf>
7. CC1100/CC2500 - Wake-On-Radio// <http://focus.ti.com/lit/an/swra126b/swra126b.pdf>
8. Proprietary RF - Sub-1 GHz - CC110L - TI.com//<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc110l.html>
9. Value Line Transceiver// <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc110l.pdf>
10. Proprietary RF - Sub-1 GHz - CC113L - TI.com// <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc113l.html>
11. CC113L Value Line Receiver// <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc113l.pdf>
12. Proprietary RF - Sub-1 GHz - CC115L - TI.com// <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc115l.html>
13. Value Line Transmitter// <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc115l.pdf>
14. Proprietary RF - Sub-1 GHz - CC1120 - TI.com <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc1120.html>
15. High Performance RF Transceiver for Narrowband Systems// <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1120.pdf>
16. Proprietary RF - Sub-1 GHz - CC1121 - TI.com <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc1121.html>
17. High Performance Low Power RF Transceiver// <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1121.pdf>
18. Value Line Development Kit 868-915 MHz - CC11XLDK-868-915 - TI Tool Folder//<http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/cc11xldk-868-915.html>
19. Performance Line Development Kit - CC1120DK - TI Tool Folder//<http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/cc1120dk.html>.

УЗКОПОЛОСНЫЙ ТРАНСИВЕР ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ



CC1120

Наименование	Тип	Скорость (кбит/с)	Чувствительность приемника (дБм)	Мощность передатчика (дБм)	Избирательность по соседнему каналу (дБ)	Минимальная полоса приемника (кГц)	Напряжение питания (В)
CC1120	трансивер	200	-123	16	65	12,5	2,0 - 3,6
CC1121			-117		61	50	
CC1125			-129		67	6,25	
CC1175	передатчик	—	—				

Особенности:

- Работа в ISM-диапазонах 433 и 868 МГц
- Чувствительность до -123 дБм
- Избирательность по соседнему каналу 65 дБ
- Программируемая выходная мощность до +16 дБм (с шагом 0.4 дБ)
- Виды модуляции: 2-FSK, 2-GFSK, 4-FSK, 4-GFSK, MSK, ASK, OOK

→ Комплект разработчика CC1120DK



Комплект разработчика предоставляет полноценную платформу для аппаратного тестирования производительности и разработки ПО для линейки производительных устройств TI CC1120 с частотой менее 1 ГГц.

→ **ЗАКАЗ И ПОСТАВКА ОБРАЗЦОВ УЖЕ СЕЙЧАС СО СКЛАДА В МОСКВЕ**

Поддержка разработчиков:
E-mail: ti@compel.ru
www.compel.ru/projects-support

Компэл
www.compel.ru

Управление и цветная графика с использованием микроконтроллерных модулей компании Терраэлектроника

В.Бродин

brodin@terraelectronica.ru

В статье представлена микроконтроллерная система на основе модулей TE-ULCD35/56 и TE-STM32F407 компании Терраэлектроника. Дисплейные модули TE-ULCD35/56 имеют встроенную библиотеку графических функций. Модуль управления TE-STM32F407 выполнен на основе самого быстрого микроконтроллера с ядром Cortex-M. Тандем модулей позволяет быстро обрабатывать события и, одновременно, реализовать развитый графический интерфейс. Модули Терраэлектроники используются как при макетировании, так и для установки в серийные изделия.

Разработка систем на основе 32-разрядных микроконтроллеров, имеющих встроенный контроллер цветного графического дисплея, в ряде случаев позволяет получить весьма эффективные решения. Однако, использование единственного в системе микроконтроллера и для целей управления и для обслуживания дисплея ограничивает скорость выполнения обоих процессов.

Обеспечить быструю обработку событий в микроконтроллерной системе с развитым интерфейсом оператора можно с использованием структуры из двух или нескольких микроконтроллеров, каждый из которых специализируется на выполнении собственных функ-

ций. Связи между микроконтроллерами могут быть организованы через последовательные скоростные интерфейсы. При таком подходе отображение на цветном графическом дисплее может формировать специализированный 32-разрядный микроконтроллер, а управление системой выполнять другой микроконтроллер, в том числе 16- или 8-разрядный (Рисунок 1).

Компания Терраэлектроника разработала модули TE-STM32F407 и TE-ULCD35/56, которые позволяют реализовать 32-разрядную микроконтроллерную систему с разделением функций управления и отображения информации. На Рисунке 2 представлен вид микро-

контроллерной системы на основе модулей TE-ULCD35 и TE-STM32F407, а на Рисунке 3 – набор интерфейсов этого тандема.

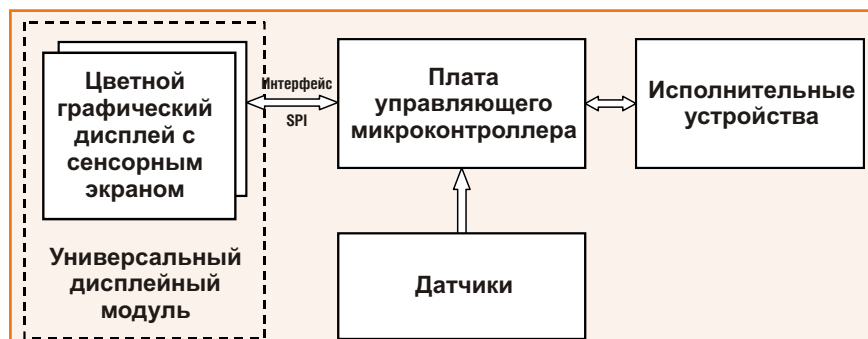


Рисунок 1. Структура микроконтроллерной системы с разделением функций отображения и управления.



Рисунок 2. Микроконтроллерная система на основе TE-ULCD35 и TE-STM32F407.

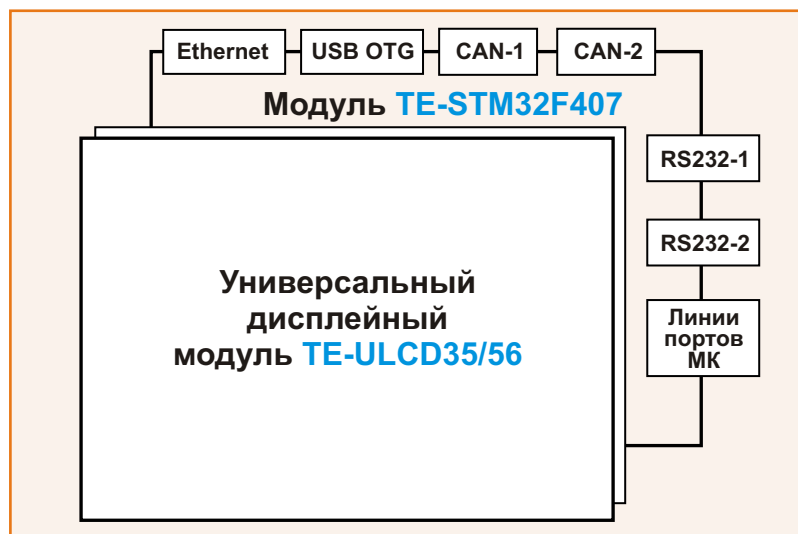


Рисунок 3. Интерфейсы системы на основе TE-ULCD35/56 и TE-STM32F407.

Модули **TE-ULCD35/56** разработаны компанией Терраэлектроника на основе цветных графических дисплеев с диагональю 3.5"/5.6" и 32-разрядного микроконтроллера с ядром ARM7.

В память программ микроконтроллера на этапе изготовления загружается бесплатная библиотека графических функций. Из прикладной программы функции могут быть вызваны при помощи SPI-команд. Это значительно упрощает формирование изображения на TFT дисплее, а также обслуживание сенсорного экрана. Библиотека поддерживает создание графических элементов, а также позволяет перевести модули в хорошо известный разработчикам режим символьного терминала, но символы могут быть цветными, разного размера и экран может иметь фоном произвольный цветной рисунок. В качестве рисунка можно использовать, например, мнемосхему технологического процесса или изображение панели оператора. В окнах такого рисунка легко можно отображать символьную информацию, характеризующую текущие параметры процесса. Имеется возможность обновления загруженной библиотеки, исходные тексты библиотеки доступны на форуме. Для хранения графических объектов исполь-



Рисунок 4. Дисплейный модуль TE-ULCD35.

зуется карта microSD, модули имеют соответствующий слот.

Общий вид дисплейного модуля **TE-ULCD35** представлен на Рисунке 4, модуля **TE-ULCD56** – на Рисунке 5.



Рисунок 5. Дисплейный модуль **TE-ULCD56**.

Модули **TE-ULCD35/56** включают:

- дисплей с диагональю 3.5"/5.6" (320 240/640 480 точек, сенсорный экран);
- микроконтроллер: ядро **ARM7TDMI-S**, 72 МГц, 512 кБ Flash-памяти программ, 98 кБ SRAM, контроллер LCD;
- внешнюю NOR флэш-память объемом 4 Мбайта и SDRAM объемом 8 Мбайт;
- слот карты microSD;
- разъем порта SPI;
- разъем питания +5 В;
- посадочное место отладочного разъема JTAG 2 20;
- посадочное место клеммного разъема питания +5 В;

Для разработчика дисплейный модуль представляется в виде программно-логической модели, которая включает список программно доступных регистров и набор SPI-команд. Отлаживать программное обеспече-

ние дисплейного модуля можно с использованием скриптов, записанных на SD-карту графического микроконтроллера. Примеры создания графических изображений на дисплее, переключения их при нажатии на изображения клавиш через сенсорный экран приведены в приложениях к документу «Руководство программиста». Графическая библиотека в дисплейных модулях может быть стерта и на ее место записана прикладная программа пользователя.

В информационно-управляющей системе с разделением функций управления и отображения графической информации SPI-команды на дисплейный модуль подает управляющий микроконтроллер (Рисунок 1). Для управления дисплейными модулями **TE-ULCD35/56** специально предназначены модули TE-STM32F107/207/407.

Модуль **TE-STM32F407** разработан в компании Терраэлектроника на основе 32-разрядного микроконтроллера семейства **STM32 F4** компании STMicroelectronics. Это семейство в настоящее время является самым быстрым среди микроконтроллеров с ядром Cortex-M. Структура микроконтроллеров семейства **STM32 F4** приведена на Рисунке 6.

Ядро **Cortex-M4F** включает блок арифметики с плавающей точкой (FPU), блок защиты памяти (MPU), обеспечивает выполнение набора DSP-команд.

В микроконтроллере процессор и внутренняя память программ работают без тактов ожидания. Это достигнуто за счет введения специального блока ART Accelerator™. На максимальной тактовой частоте 168 МГц быстродействие центрального процессора составляет 210 DMIPS. FSMC-контроллер

микроконтроллера **STM32F407VET6** позволяет работать с оперативной памятью SRAM и PSRAM, flash-памятью NOR, NAND, Compact Flash и LCD 8080/6800.

Удобство применения и надежность работы увеличивают два внутренних RC генератора – 16 МГц и 32 кГц.

Быстродействие трех 12-разрядных АЦП – 2.4 MSPS (7.2 MSPS при групповой работе), имеется 12-разрядный ЦАП. Коэффициент энергопотребления равен 230 мкА/МГц.

Эти параметры микроконтроллера **STM32F407VET6**, вместе с увеличенной памятью программ и данных, открывают новые возможности управления и обработки сигналов.

Конструктивные и схемные решения модуля **TE-STM32F407** позволяют использовать его для управления модулями **TE-ULCD35/56** при создании систем с разделением функций.

Отличительные особенности модуля TE-STM32F407:

- микроконтроллер **STM32F407VET6**: 168 МГц Cortex-M4F, 512 Кбайт флэш-памяти программ, 192 Кбайт ОЗУ, 3 12-разрядных АЦП, 2 12-разрядных ЦАП, Ethernet MAC 10/100, USB FS/HS OTG, 2 CAN, 4 USART, 3 SPI, 3 I²C, SDIO, LQFP100;
- SPI флэш-память AT45DB161D (16 Мбит);
- разъем и драйвер порта **Ethernet**;
- разъем порта **USB OTG**;
- 2 разъема и драйверы портов **CAN**;
- 2 разъема портов **RS-232**;
- разъем **JTAG**;
- аудио-усилитель и динамик;

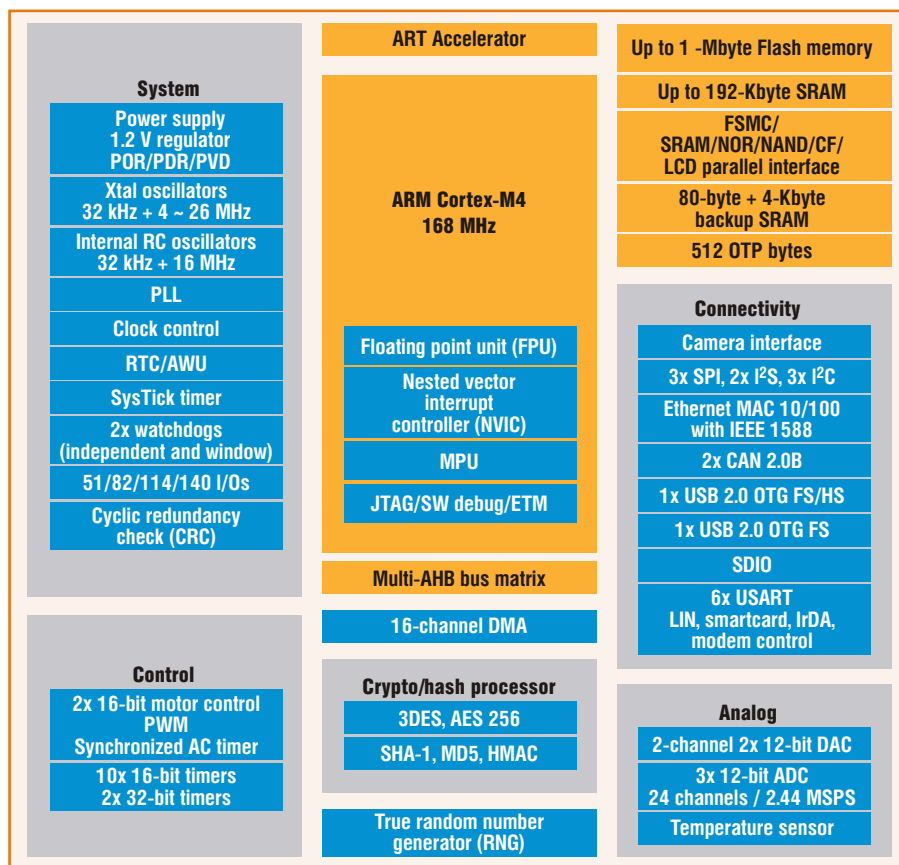


Рисунок 6. Структура микроконтроллеров линейки STM32F4.

- 31 линия портов микроконтроллера выведена на разъем;
- разъем питания +7.5 ... 9.0 В;
- размеры платы модуля 85 70 мм.

Размещение элементов на плате модуля **TE-STM32F407** представлено на Рисунке 7.

Для подключения к дисплейным модулям TE-ULCD35/56 на плате TE-STM32F407 имеются посадочные места двух разъемов. Через один из них подается питание, а второй служит для организации SPI-интерфейса. Для фиксации дисплейного модуля в корпусе или на лицевой панели пульта управления предусмотрены четыре отверстия на подложке дисплея. При объединении модулей **TE-STM32F407** устанавливается на стойках дисплейного модуля. При этом питание пере-

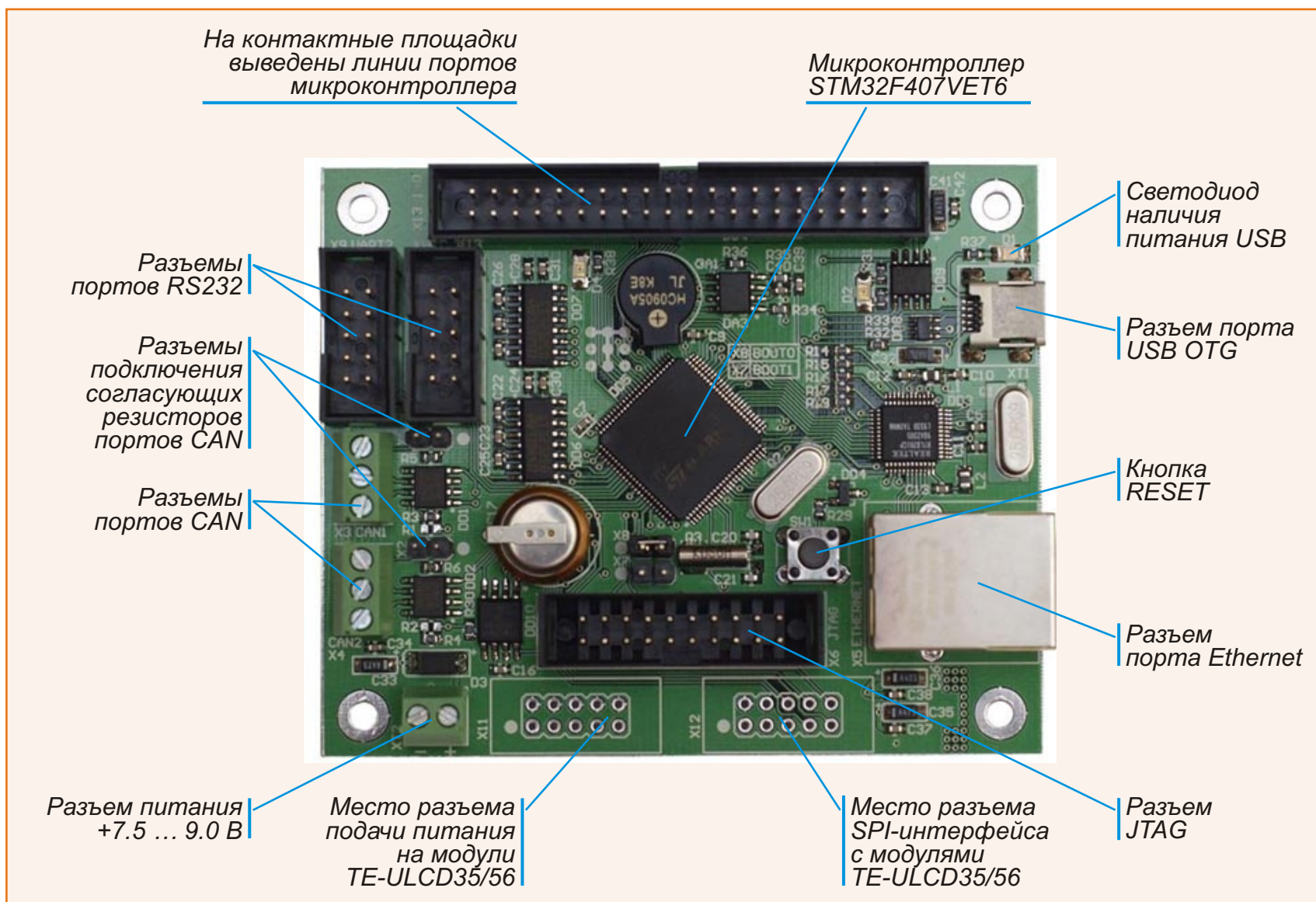


Рисунок 7. Размещение элементов на плате TE-STM32F407.

дается с управляющего модуля через разъем на дисплейный модуль.

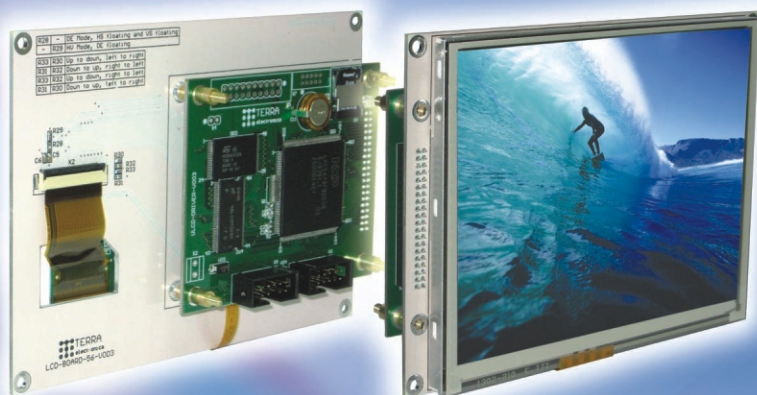
Тандем модулей Терраэлектроники **TE-ULCD35/56** и **TE-STM32F407** представляет собой завершенное решение, готовое для интеграции в научные, промышленные, торговые и бытовые изделия, которые для управления требуют формирования цветных графических изображений и интерактивной связи с оператором. В настоящее время ряд предприятий завершил разработки приборов с исполь-

зованием этих модулей и закупает их партиями для установки в серийные изделия. При этом используется как встроенная библиотека графики, так и собственное программное обеспечение компаний-разработчиков. По результатам испытаний охранных систем встроенная библиотека графики была дополнена защитными функциями, которые в настоящее время обеспечивают длительную работу дисплейных модулей без зависаний. ■



Тандем графики и управления

TE-ULCD35/56



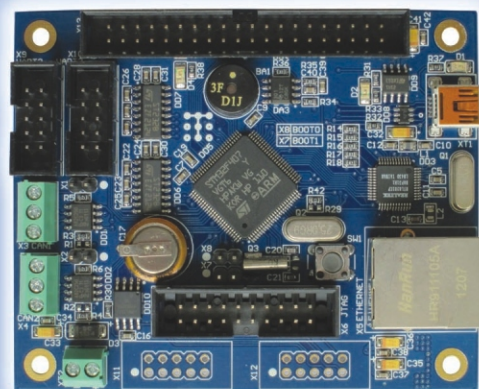
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДИСПЛЕЙНЫЕ МОДУЛИ

- TFT-дисплеи TIANMA 3,5" (320x240) или OSD 5,6" (640x480), сенсорный экран
- МК ARM7, 72 МГц
- 4 МБ NOR Flash-память
- 8 МБ SDRAM-память
- слот microSD карты памяти
- **БЕСПЛАТНО**
встроенная библиотека графических функций

TE-STM32F107/207/407

МОДУЛИ УПРАВЛЕНИЯ

- МК STM32F Cortex-M3/4, 72/120/168 МГц
- 16 Мбит SPI Flash-память
- разъем Ethernet 10/100 Мбит
- разъемы USB 2.0 OTG, 2xCAN, 2xRS232
- напряжение питания: 7,5...9,0 В
- размеры: 85x70 мм



**ДИСПЛЕИ OSD И TIANMA, МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ
STMICROELECTRONICS ОТ 1 ШТУКИ СО СКЛАДА!**

МОСКВА

Тел.: +7(495) 221-7804, 221-7803
E-mail: sale@terraelectronica.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Тел.: +7 (812) 327-3271, 336-5386
E-mail: info@megachip.ru

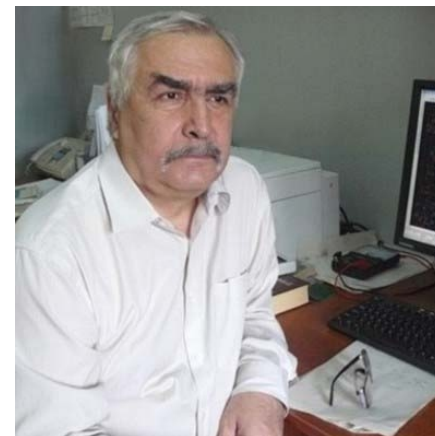
Информация о партнерах
в других городах на сайте:
www.terraelectronica.ru



<http://j.mp/TE-ULCD56>

Способы уменьшения тепловыделения в одноктных трансформаторных конвертерах

Часть 1



В. Я. Грошев

Исследование реальных образцов одноктных трансформаторных конвертеров, предназначенных для преобразования сетевого напряжения в постоянный ток или напряжение, показывает, что в таких устройствах имеется четыре основных источника тепловыделения, на которые приходится до 90% всей мощности потерь. Это основной коммутирующий ключ, элементы подавления выброса на индуктивности рассеяния, выпрямитель и трансформатор. Содержание данной статьи касается вопросов снижения мощности, рассеиваемой на высоковольтном коммутирующем ключе сетевого конвертера, решение проблем с другими источниками потерь будут рассмотрены в следующей публикации. Причем, хотя все рекомендации направлены, в основном, на улучшение характеристик автоколебательных конвертеров, как наиболее эффективных одноктных импульсных

устройств преобразования электрической энергии, большинство из них можно использовать при создании преобразователей средней мощности любого типа.

Условия работы высоковольтного коммутирующего ключа в автоколебательных одноктных конвертерах существенно отличаются от режима его работы в устройствах с принудительным тактированием. Причем эти условия всегда хуже, а поэтому потери мощности на ключе в автоколебательных устройствах выше. Однако автоколебательные конвертеры намного проще и дешевле своих конкурентов, и их применение, в некоторых случаях, является более привлекательным. Примером может служить использование известных вариантов таких преобразователей [1] в качестве маломощных зарядных устройств. В основной массе мощность таких устройств

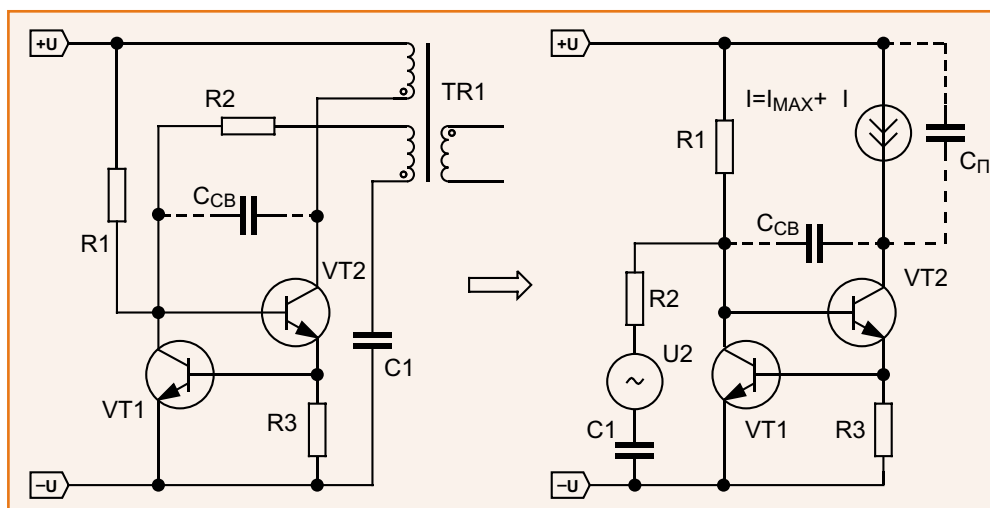


Рисунок 1.

настолько мала (1–2 Вт), что даже при очень плохом КПД (70–75%) выделяемая на основном ключе мощность не приводит к его недопустимому нагреву без дополнительного охлаждения.

Однако при увеличении выходной мощности оказывается, что такая схема конвертера совершенно непригодна из-за недопустимого роста мощности потерь на высоковольтном ключе. Причины этого разъясняются на примере простейшего одноконтурного автоколебательного конвертера с трансформаторной нагрузкой, широко используемого в качестве мало-мощного зарядного устройства. Упрощенная схема первичной секции такого устройства приведена на Рисунке 1, а рядом изображена схема замещения, соответствующая интервалу времени изменения напряжения на разомкнутом ключе от насыщения до максимума. Здесь источником U_2 представлено напряжение на базовой обмотке трансформатора, C_{CB} – это емкость коллектор-база ключевого транзистора, а C_{Π} – это паразитные емкости, шунтирующие коллекторную обмотку трансформатора.

Как видно из схемы замещения, после выхода транзисторного ключа VT2 из насыщения он становится одним из элементов источника постоянного тока, образованного элементами VT1, VT2 и R3, входным током для которого являются токи через R1, R2 и ток через емкость коллектор-база VT2. Ток через R2 отсутствует, поскольку к моменту окончания зарядного цикла конденсатор C1 полностью заряжен и компенсирует напряжение U_2 таким образом, что напряжение, приложенное к R2, равно нулю.

Из схемы замещения видно, что выходной ток источника тока, образованный транзисторами VT1, VT2, остается постоянным и примерно равным

$$I_{MAX} \approx \frac{0.7V}{R_3},$$

в то время как ток через индуктивность продолжает возрастать. Поэтому напряжение на коллекторе VT2 начинает увеличиваться. Изменение напряжения на коллекторе VT2 сопровождается появлением тока через емкость коллектор-база ключевого транзистора C_{CB} . В результате источник тока оказывается охваченным отрицательной обратной связью через эту емкость, которая поддерживает определенное соотношение между скоростью изменения напряжения на коллекторе VT2 и током его коллектора. При этом паразитные емкости C_{Π} , шунтирующие первичную обмотку трансформатора, перезаряжаются не текущим значением тока через индуктивность, а разностью между этим током и выходным током токостабилизатора I_{MAX} . В результате

скорость переключения снижается, а через незапертый ключ в течение всего процесса переключения протекает значительный ток, который обусловлен вначале участием ключевого транзистора в схеме источника постоянного тока, а если тока через C_{CB} не хватает для функционирования этого источника, то эффектом Миллера. Кроме этого, активное состояние VT2 поддерживается за счет заряда, накопленного в его коллекторно-базовом переходе за время пребывания транзистора в насыщенном состоянии. Поэтому продолжительность всего процесса перехода из насыщенного состояния в состояние отсечки может превышать 1 мкс. И хотя время изменения напряжения на коллекторе при этом не превышает 150–300 нс при рабочей частоте порядка нескольких десятков кГц, мощность, рассеиваемая на ключе, оказывается очень большой, поскольку в процессе формирования перепада при высоком напряжении на ключе через него продолжает протекать большой ток, меньший, но соизмеримый с I_{MAX} . В конечном итоге VT2 полностью запирается током через резистор R2 только после смены полярности напряжения U_2 , т.е. когда напряжение на коллекторе ключевого транзистора становится выше напряжения U_{IN} , а напряжение U_2 становится отрицательным. Такой механизм переключения характерен и для всех других разновидностей рассмотренного устройства. Однако известно, что основным правилом, гарантирующим минимум рассеиваемой мощности на ключевом элементе, является отсутствие тока через ключ, когда на нем есть напряжение. Следовательно, сигнал управления, запирающий ключ, должен поступить на базу VT2 не во время формирования перепада напряжения на коллекторе, как это происходит в рассмотренном устройстве, а

перед ним. Такая последовательность характерна для конвертеров с внешним тактированием, и именно это позволяет таким устройствам работать при значительно большей выходной мощности и при значительно лучшем КПД.

Однако существует вариант однотактного автоколебательного конвертера, который в этом отношении не уступает конвертерам с принудительным тактированием, хотя намного проще последних и по своей стоимости вполне может конкурировать с предыдущим рассмотренным устройством. Упрощенная принципиальная схема такого конвертера показана на Рисунке 2.

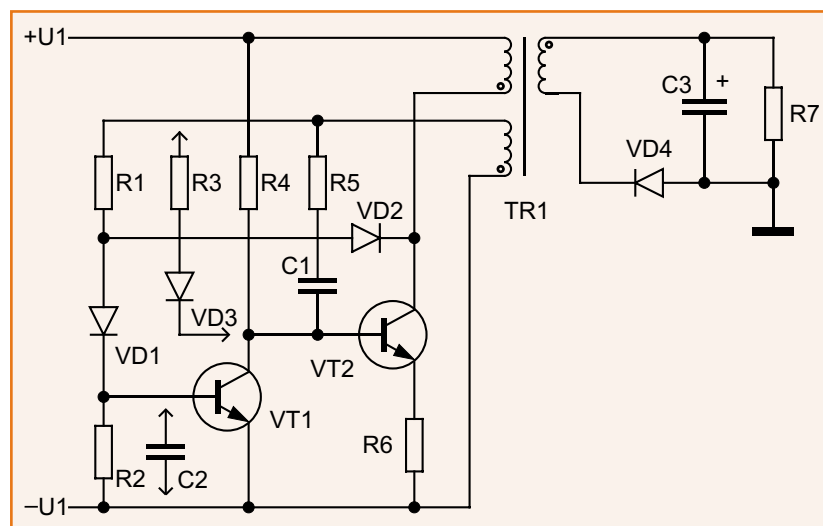


Рисунок 2.

В отличие от предыдущего рассмотренного устройства, критерием размыкания высоковольтного ключа в котором является величина напряжения на резисторе R3, в этом конвертере момент переключения определяется по суммарной величине падения напряжения на замкнутом ключе и резисторе R6.

В упрощенном изложении устройство работает следующим образом.

После подачи первичного напряжения U_1 ток через резистор начального смещения R_4 начинает втекать в базу ключевого транзистора VT_2 . Чтобы этот ток не замкнулся через резистор R_5 и базовую обмотку трансформатора на корпус, используется конденсатор C_1 . Вследствие поступающего в базу тока ключевой транзистор VT_2 становится активным, а за счет противоположной фазы формирования напряжения на базовой обмотке по отношению к коллекторному напряжению этого транзистора устройство оказывается охваченным положительной ОС по цепи: коллектор ключевого транзистора VT_2 , базовая обмотка TR_1 , токозадающая цепь R_5 , C_1 , база ключевого транзистора VT_2 . Наличие положительной обратной связи приводит к быстрому увеличению коллекторного тока ключевого транзистора VT_2 и уменьшению напряжения на его коллекторе.

Вследствие этого уменьшения на базовой обмотке трансформатора TR_1 появляется возрастающее положительное управляющее напряжение, при этом к начальному току смещения добавляется ток токозадающей цепи R_5 , C_1 . В результате ключевой транзистор VT_2 быстро насыщается. Одновременно ток от базовой обмотки должен был бы через резистор R_1 поступать и в базу управляющего транзистора VT_1 , который противодействовал бы насыщению ключевого транзистора VT_2 , отводя часть его базового тока на отрицательную шину питания. Однако из-за быстрого уменьшения напряжения на коллекторе ключевого транзистора VT_2 ток через R_1 втекает не в базу управляющего транзистора VT_1 , а перезаряжает внутреннюю емкость диода VD_2 , в результате чего напряжение на аноде VD_1 может стать даже отрицательным, а транзистор VT_1 остается выключенным и не препят-

ствует насыщению ключевого транзистора VT_2 . Такой же эффект обеспечивается при включении конденсатора C_2 параллельно резистору R_2 , причем, как показали испытания, такое включение к тому же способствует улучшению устойчивости режима автоколебаний.

После того как ключевой транзистор VT_2 оказывается в состоянии насыщения, диод VD_2 открывается и удерживает управляющий транзистор VT_1 в выключенном состоянии. Поскольку ключевой транзистор VT_2 насыщен, ток через первичную обмотку TR_1 возрастает, при этом суммарное напряжение на насыщенном переходе коллектор-эмиттер этого транзистора и на резисторе R_6 также увеличивается. Это продолжается до тех пор, пока это напряжение, приложенное к катоду диода VD_2 , не превысит напряжения открывания базо-эмиттерного перехода управляющего транзистора VT_1 . При этом следует учитывать взаимную компенсацию падений напряжения на диодах VD_1 и VD_2 . Как только управляющий транзистор VT_1 начинает открываться, оба транзистора VT_1 , VT_2 оказываются охваченными второй цепью положительной ОС через диод VD_2 и его внутреннюю емкость. Из-за этой обратной связи управляющий транзистор VT_1 быстро насыщается и шунтирует базо-эмиттерный переход ключевого транзистора VT_2 , что способствует относительно быстрому выводу неосновных носителей заряда, накопленных в коллекторно-базовом переходе этого транзистора, а также полностью нейтрализует эффект Миллера. В результате скорость изменения напряжения на коллекторе ключевого транзистора VT_2 определяется практически полным максимальным током через индуктивность первичной обмотки TR_1 .

После размыкания ключевого транзистора VT2 начинается процесс разряда индуктивности на нагрузку, причем этот транзистор удерживается в разомкнутом состоянии за счет изменения полярности управляющего напряжения, приложенного к его базо-эмиттерному переходу через токозадающую цепь R5, C1. Новый зарядный цикл работы конвертера начинается сразу же после полного разряда первичной обмотки TR1, причем управляющий транзистор VT1 нейтрализуется на время переключения из-за перезаряда внутренней емкости диода VD2 или за счет конденсатора, включенного параллельно его эмиттерно-базовому переходу.

Из описания работы устройства следует, что принципиальным его отличием от устройства, изображенного на Рисунке 1, является полное выключение основного ключа по базовому электроду при настолько малом напряжении на коллекторе ($< 0.7B$), что его можно считать равным нулю. Иными словами, в этом устройстве управляющее напряжение, запирающее ключ, поступает на его базу раньше, чем начинается формирование положительного перепада напряжения на коллекторе VT1 и это позволяет существенно уменьшить выделяющуюся на ключе мощность и, соответственно, тепловыделение конвертера.

Другой существенной причиной потерь мощности на основном ключе в устройстве, показанном на Рисунке 1, является емкостной характер тока базы ключевого транзистора, задаваемый элементами R2, C1. Конденсатор C1 в этой цепи необходим, поскольку при его отсутствии для обеспечения активного состояния ключевого транзистора пусковой ток через R1 должен был бы иметь очень большую величину, что с учетом высокого входного напряжения привело бы к рассеиванию очень большой

мощности на этом резисторе. Это объясняется тем, что сопротивление R2 для обеспечения глубокого насыщения VT2 в рабочем цикле должно быть небольшим (обычно не более 1 кОм) и этот резистор без включенного последовательно с ним конденсатора закорачивал бы пусковой ток на общую шину через обмотку обратной связи.

Емкость конденсатора C1 также не может быть большой, поскольку при ее существенном увеличении снижается рабочая частота и, соответственно, увеличивается скважность выходного тока, т.е. снижается предельная мощность конвертера. Поэтому при обычной длительности зарядного цикла 5–7 мкс постоянная времени токозадающей цепи R2, C1 обычно составляет примерно 1 мкс (1 кОм 1 нФ). При этом совершенно очевидно, что по мере заряда индуктивности первичной обмотки трансформатора и роста коллекторного тока VT2 в зарядном цикле его базовый ток будет уменьшаться. А, как известно, для эффективного насыщения ключевого транзистора соотношение между коллекторным и базовым током должно поддерживаться постоянным на уровне в несколько единиц.

Поэтому в устройстве, показанном на Рисунке 1, обеспечивается режим насыщения, соответствующий невысокой эффективности коммутации, поскольку к концу зарядного цикла ключевой транзистор удерживается в насыщенном состоянии фактически только за счет заряда, остающегося в базе. В этом отношении конвертер, схема которого представлена на Рисунке 2, также имеет существенные преимущества. Во-первых, емкость конденсатора C1 в этом устройстве может иметь в 10–20 раз большее значение при сохранении рабочей частоты, что делает ток базы ключевого транзистора значительно более постоянным в тече-

ние зарядного цикла. Кроме этого, в конвертерах большой мощности, выполненных в соответствии с Рисунком 2, можно обеспечить разделение функций цепи передачи сигнала положительной ОС и цепи, формирующей основной ток базы ключевого транзистора, которая вследствие этого может иметь проводимость любого типа, что позволяет дополнительно снизить выделение тепла. Для примера, в конвертере, показанном на Рисунке 2, в качестве такой цепи с активным характером проводимости могут быть применены элементы R3 и VD3, которые используются следующим образом. Поскольку они включены параллельно цепи передачи сигнала положительной ОС R5, C1, которая формирует начальную переменную составляющую тока базы VT2, при напряжении на базовой обмотке трансформатора, превышающем напряжение открывания диода VD3, появляющийся через резистор R3 ток суммируется с током через R5, C1. Сопротивление этого резистора выбирается по соотношению

$$R3 = \frac{5...10 U_B}{I_{Cmax}},$$

где

U_B – положительное напряжение на базовой обмотке,

и поскольку $R3 < R1$, именно этот резистор определяет основной ток базы. Однако пусковой ток этим резистором не шунтируется, поскольку последовательно с ним включен диод VD3. Следует заметить, что если в обеих токозадающих цепях используются резисторы, то поскольку они включены фактически параллельно, в реальных устройствах их нижние по схеме выводы можно соединить,

исключив резистор большего сопротивления. Конденсатор C1 исключить нельзя, поскольку это приведет к срыву автоколебаний, поэтому его следует оставить включенным параллельно диоду VD3.

Однако при таком исполнении конвертера потери мощности на высоковольтном ключе тоже не минимальны. Это связано с тем, что в течение зарядного цикла ток базы поддерживается постоянно на максимальном уровне, в то время как для нормальной работы ключевого транзистора в режиме насыщения достаточно всего лишь линейно нарастающего тока базы. Следовательно, потери мощности на базовом переходе теоретически можно уменьшить еще вдвое. Здесь следует подчеркнуть, что потери мощности на насыщенном базовом переходе с учетом напряжения на нем, в 3–4 раза превышающем напряжение на насыщенном переходе коллектор-эмиттер, могут достигать почти половины всей мощности, рассеиваемой на транзисторе. Кроме этого, значительная мощность рассеивается и на резисторе R3. Для снижения мощности потерь этого вида необходимо подавать базовый ток для ключевого транзистора через индуктивность, а при размыкании ключа разряжать эту индуктивность на вторичную обмотку трансформатора и через нее на нагрузку. В результате потери энергии теоретически будут определяться лишь произведением среднего значения базового тока на прямое смещение базово-эмиттерного перехода. Такой способ уменьшения рассеиваемой мощности в устройстве, показанном на Рисунке 2, можно реализовать, если использовать вместо резисторов R1 и R3 индуктивности. Упрощенная реальная схема одного из вариантов такого конвертера с предельной выходной мощностью примерно 50 Вт представлена на Рисунке 3:

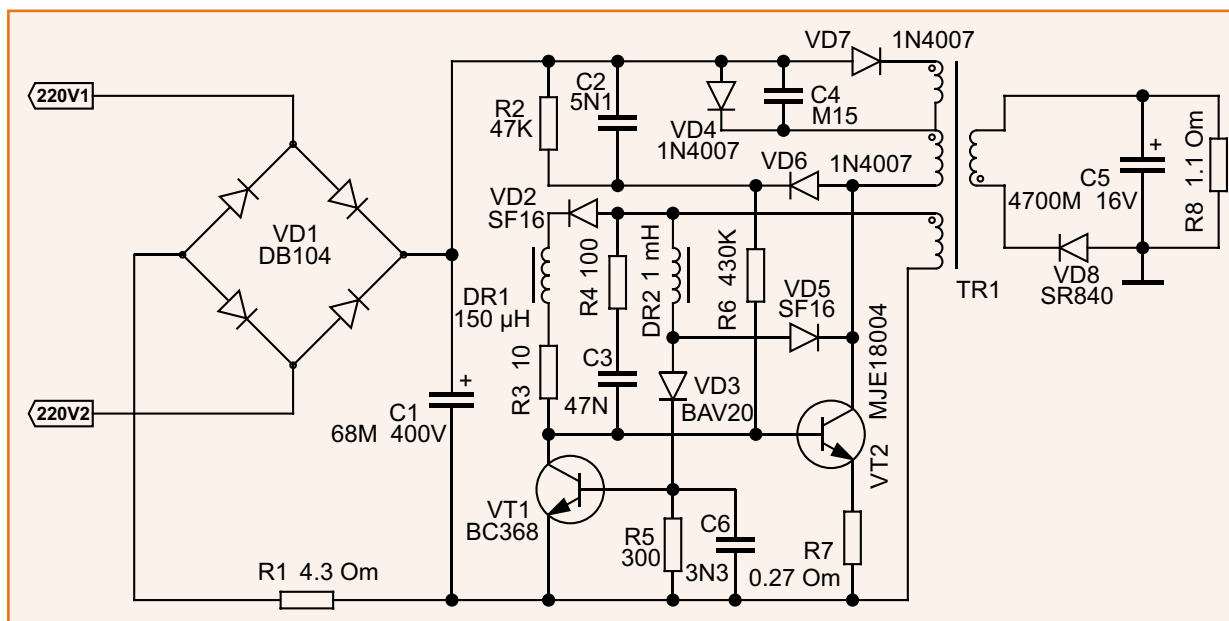


Рисунок 3.

Для вычисления индуктивности дросселя DR1 в этой схеме можно воспользоваться следующей приближенной формулой:

$$L_{DR} = \frac{L_1 m}{k_{TR}},$$

где

L_1 – индуктивность первичной обмотки трансформатора,

m – отношение токов коллектора и базы насыщенного транзистора,

k_{TR} – коэффициент трансформации между первичной обмоткой трансформатора и обмоткой обратной связи, равный n_1/n_{OC} .

Индуктивность DR2 выбирается примерно на порядок большей величины. Резистор R3 используется для согласования постоянных

времени разряда DR1 и DR2 таким образом, чтобы DR2 всегда разряжался несколько медленнее, вследствие чего транзистор VT1 до полного разряда DR1 остается в насыщенном состоянии. Следует отметить, что элементы C3, R4 необходимы только для обеспечения режима автоколебаний и создания начального тока базы ключевого транзистора, при этом основная часть этого тока формируется цепью VD2, DR1 и R3. ■

Окончание в следующем номере

Обзор бюджетного 6-дюймового букридера PocketBook Basic New

Не так давно в России стартовали продажи нового 6-дюймового электронного ридера PocketBook Basic New. Из названия новинки понятно, что это обновленная версия вышедшего примерно год назад PocketBook Basic, который, кстати, успел разойтись немалым тиражом – около 150 тысяч экземпляров. Обновленная версия стоит немного дешевле своего предшественника – 4 990 против 5 490 рублей. Разработчики убрали из нее Wi-Fi-модуль, зато гаджет может похвастаться более высокой скоростью работы (за счет оптимизированного софта) и эргономичной формой корпуса.

PocketBook Basic New оборудован экраном на основе электронных чернил E-Ink Vizplex третьего поколения. Он способен передавать палитру в 16 градаций серого цвета, что нужно для отображения сложных иллюстраций – для простого текста достаточно четырех. Диагональ дисплея – 6 дюймов, а разрешение – 600 на 800

точек. В общем, все, как и в предыдущей версии – PocketBook Basic образца 2011 года, даже емкость батареи равна 1 000 мАч, что дает возможность на одном заряде прочесть до 8 000 страниц.



PocketBook Basic New удобно лежит в руке, а благодаря специальному узору из точек на задней панели, аппарат не выскальзывает из рук. Корпус устройства сделан из пластика темно-серого или белого цвета. Клавиши управления расположены под дисплеем, они представляют собой пятипозиционный джойстик с двумя клавишами по бокам. На верхней и боковых гранях аппарата разъемов и органов управления нет, они расположены на нижнем торце – это кнопки питания и сброса, отсек для карты памяти и microUSB-разъем. Весит ридер 180 г, а его толщина – 9.7 мм. Сборка PocketBook Basic New проходит на заводах крупнейшего в мире контрак-

тного производителя электроники компании Foxconn, поэтому за качество можно не переживать.

В PocketBook Basic New используется современный и производительный 800-мегагерцевый процессор Freescale, который вкупе со 128 Мб оперативной памяти обеспечивают хорошую скорость работы. Также этому способствует и оптимизированное программное обеспечение, о котором мы уже упоминали выше. Объем встроенной памяти равен 2 Гб, предусмотрена возможность расширения microSD-картами.

PocketBook Basic New распознает следующие файловые форматы: EPUB (ADOBE DRM), PDF (ADOBE DRM), EPUB, PDF, TXT, DJVU, RTF, HTM, HTML, CHM, DOC, DOCX, TCR, FB2, FB2.ZIP и PRC (Mobi) (текст); JPEG, BMP, PNG и TIFF (изображения). С аудиофайлами гаджет не работает, также его нельзя использовать для работы в Интернете – Wi-Fi-

модуля в нем нет. Из дополнительных функций можно выделить калькулятор, календарь, игры, словари, заметки и прочее.



В завершении скажем, что PocketBook Basic New произвел на нас приятное впечатление. Гаджет быстрый, удобный, современно выглядит, распознает множество форматов и недорого стоит – 4 990 рублей. ■

Четыре логических пробника на одной КМОП микросхеме

Часть 1

Raju Baddi, Индия

EDN

В статье рассматривается простое решение, позволяющее на одной КМОП микросхеме HD14069UB с шестью небуферизированными логическими инверторами создать четыре устройства для проверки электрических схем:

- логический пробник со строго определенными логическими уровнями и входным сопротивлением около 1 МОм;
- пробник для контроля целостности цепей с верхним пределом сопротивления от десятков ом до десятков мегаом;
- генератор одиночных или периодических импульсов, или простой генератор сигналов;
- звуковой пробник с высоким сопротивлением.

Собрать все эти устройства можно с помощью 6 инверторов микросхемы 4069, двух или трех транзисторов и нескольких пассивных элементов.

В КМОП/ТТЛ-совместимом логическом пробнике, образованном двумя логическими элементами, резисторы R_1 - R_4 задают смещение на входах инверторов (Рисунок 1). Высо-

кое входное сопротивление вентилей позволяет выбрать номиналы резисторов из диапазона от 100 кОм до 1 МОм. Втекающий и вытекающий токи щупа пробника малы из-за высо-

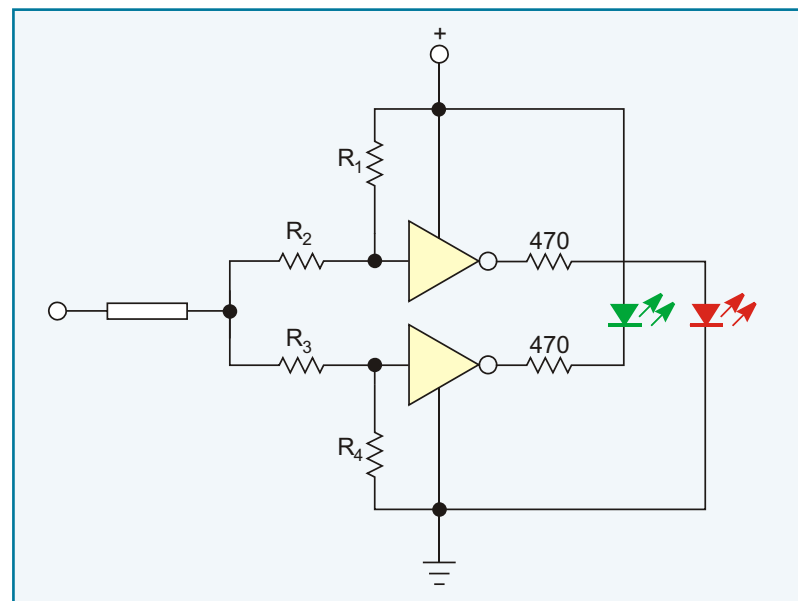


Рисунок 1. Чтобы сделать логический пробник, совместимый с уровнями КМОП/ТТЛ, достаточно всего двух элементов микросхемы HD14069UB. Рекомендуемые значения порогового напряжения и напряжения питания – 2.5 В и 5 В, соответственно. Номиналы резисторов R_1 - R_4 в этом случае 1 МОм, 680 кОм, 200 кОм и 1 МОм, соответственно.

кого сопротивления резисторов $R_1 - R_4$, поэтому влияние пробника на логические уровни напряжений в проверяемой схеме несущественно. Зная величины входных логических порогов вентилях, вы сможете рассчитать номиналы резисторов.

Верхний по схеме логический элемент детектирует уровень логического нуля, нижний – логической единицы. Установите верхний предел уровня логического нуля и рассчитайте сопротивление резисторов R_1 и R_T . Сопротивление R_1 произвольно выберем равным 1 МОм, и найдем такое сопротивление R_2 , при котором напряжение на входе верхнего логического элемента в точности равно пороговому напряжению. Таким образом,

где

$$R_2 = \frac{R_1 V_T}{V_S} \frac{V_L}{V_T},$$

V_T – пороговое значение напряжения,

V_L – напряжение логического нуля,

V_S – напряжение питания.

Аналогичным образом установите нижний предел уровня логической единицы напряжения V_T и найдите значение сопротивления резистора R_4 при известном R_3 . При надлежащем выборе R_3 , учитывающем смещение на входах логических элементов в состоянии покоя, когда при отключенном от проверяемой схемы щупе оба светодиода выключены, можно рассчитать сопротивление R_4 :

$$R_4 = \frac{R_3 V_T}{V_H} \frac{V_L}{V_T}.$$

Следующее выражение позволит рассчитать ток пробника:

$$I_p = \frac{V - V_L}{R_1} \frac{R_3}{R_2} \frac{R_4}{R_3} \frac{V_L}{R_4} \frac{R_1}{R_2},$$

где

I_p – ток пробника,

V_L – напряжение на щупе пробника.

Отсюда следует, что сопротивление пробника при любом напряжении на щупе превышает 1 МОм. Если в корпусе используемой вами микросхемы 4069 пороговые напряжения оказались повышенными, и равными, скажем, 3 В, их можно уменьшить, включив последовательный диод в положительную шину питания и резистор 10 кОм на землю между выводом питания микросхемы и диодом.

Пробники для прозвонки схем (Рисунок 2) очень часто используются разработчиками, такие приборы незаменимы на рабочем месте. Высокое входное сопротивление и четкий порог переключения логического элемента микросхемы 4069 позволяют сделать на нем тестер целостности цепей с переключаемым сопротивлением срабатывания. Общее сопротивление между щупами пробника и сопротивление на переключателе образуют резистивный делитель, напряжение с которого поступает на вход логического элемента. В случае равенства двух сопротивлений напряжение на входе логического элемента равно половине напряжения питания. Примерно такой же величины будет и порог переключения логического элемента. Таким образом, выбранный с помощью переключателя резис-

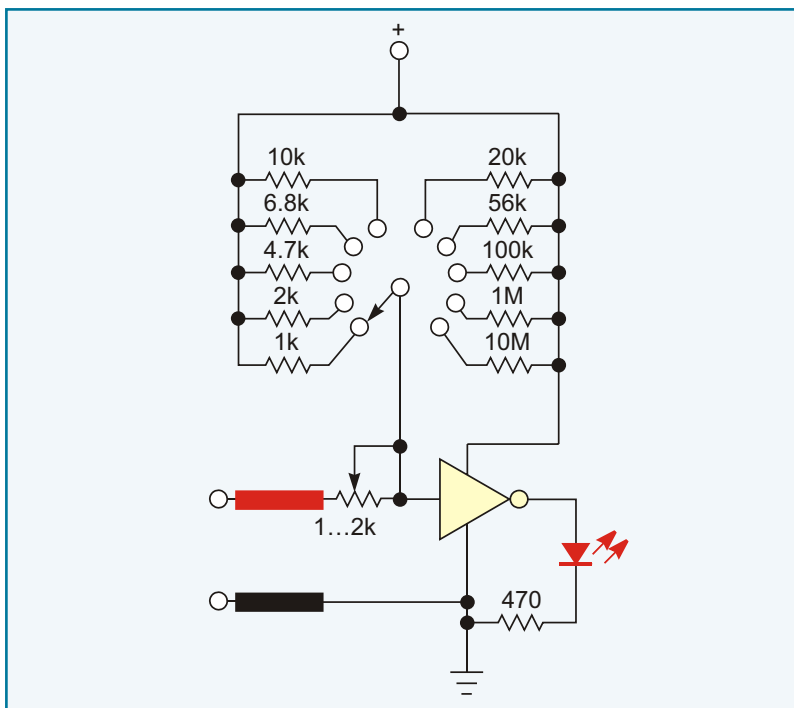


Рисунок 2. Тестер для проверки целостности цепей использует лишь один логический элемент и позволяет настраивать порог срабатывания.

тор определяет приблизительное пороговое сопротивление проверяемой цепи.

Полезной альтернативой коммутируемым резисторам и переключателю может быть один потенциометр, который позволит, во-первых, существенно сократить размеры пробника, а во-вторых, произвольно устанавливать порог срабатывания, подключая к щупам известное сопротивление и наблюдая за свечением светодиода при вращении ручки. Потенциометр должен быть установлен так, чтобы светодиод полностью погас. Еще один переменный резистор номиналом от 1 до 2 кОм, включенный в схему последовательно с положительным щупом, сделает возможной установку порогового сопротивления на уровне порядка 100 Ом или меньше. Точно так же, как в предыдущей схеме, уменьшить пороговое напряжение логического элемента вы можете с помощью пары диодов в цепи поло-

жительной шины питания и резистора 10 кОм между выводами питания микросхемы. Такая конструкция, с соответствующей доработкой, может использоваться и для проверки силовых линий переменного тока (это уже будет пятый пробник).

Остаются свободными еще три логических элемента микросхемы 4069, два из которых вы можете использовать, чтобы сделать схему автоколебательного генератора/генератора одиночных импульсов с усилительным каскадом на комплементарной паре биполярных транзисторов Q_1 и Q_2 (Рисунок 3). Выбор режи-

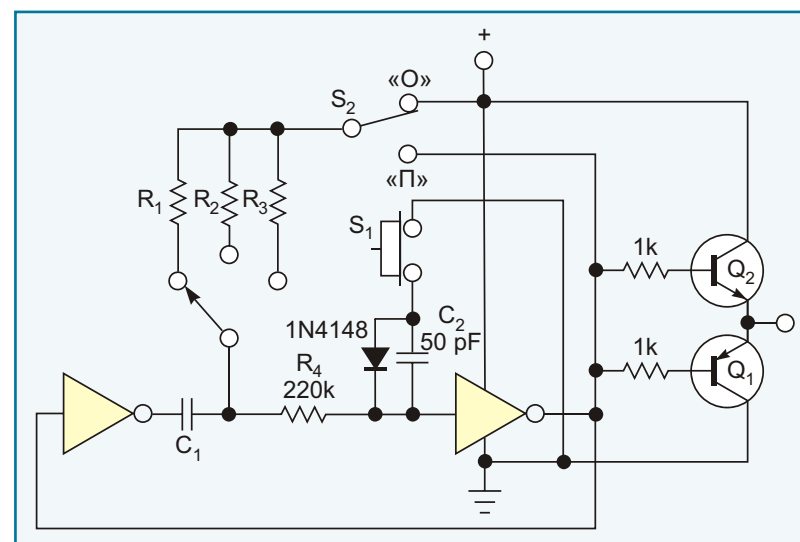


Рисунок 3. Комплементарная пара биполярных транзисторов позволяет увеличить выходной ток мультивибратора и генератора одиночных импульсов.

ма генерации одиночного импульса («О») или последовательности импульсов («П») осуществляется однополюсным переключателем на два направления. При нажатии на кнопку S_1 в режиме одиночного импульса на входе второго элемента формируется короткий отрицательный импульс, и конденсатор C_2 начинает заряжаться. Соответственно, на выходе логического элемента и на выходе схемы в точке

соединения транзисторов Q_1 и Q_2 возникает сигнал высокого уровня. Этот уровень защелкивается, а дребезг контактов устраняется положительной обратной связью через конденсатор C_1 , который начинает заряжаться с постоянной времени, определяемой резисторами R_1 , R_2 или R_3 . Когда напряжение на C_1 достигнет порогового уровня, выход второго элемента возвратится обратно в низкое состояние, вследствие чего уровень напряжения на его входе, опять же, с участием положительной обратной связи через C_1 , станет высоким, и генерация импульса завершится.

Включенный параллельно C_2 диод всегда смещен в обратном направлении и выполняет роль высокоомного резистора для разряда конденсатора C_2 . Если предположить, что

типовой ток утечки диода равен 1 нА, то эквивалентное сопротивление при напряжении 2.5 В будет около 2.5 ГОм. Постоянная времени разряда RC около 125 мс вполне соответствует скорости нажатия кнопки человеком.

Резисторы $R_1 - R_3$ задают частоту импульсов автоколебательного генератора или длительность одиночного импульса. Резистор 220 кОм на входе второго элемента служит для ограничения утечки тока конденсатора на вход логического элемента, когда напряжение на нем ниже «земли» или на 0.6 В выше напряжения питания. Импульсы генерируются с частотой порядка $1/(2.2RC)$, в то время как пороговое напряжение определяет длительность одиночного импульса, лежащую в диапазоне примерно от $0.7RC$ до $1.1RC$. ■

Окончание в ближайших номерах

SimpleCortex — отладочная плата, совместимая с Arduino

Часть 2

Окончание. Начало в предыдущем номере (Июль 2012)

Для разработки приложений с использованием отладочного модуля (платы) SimpleCortex необходимо установить среду разработки ColIDE и USB драйверы для операционной системы Windows, посредством которых плата SimpleCortex будет определяться персональным компьютером как периферия.

Плата поддерживает обмен по интерфейсам USB Host и Ethernet. Для работы с этой периферией необходимо, чтобы на компьютере были установлены следующие программные продукты:

- **CoCentre** — программа для поддержания всего ПО компании Соосох в актуальном состоянии. Однако следует учитывать, что по некоторым тестам плата SimpleCortex не работает с последними версиями среды ColIDE. Другими словами, следует помнить, что при обновлении среды ColIDE, необходимо также обновить драйверы USB и прошивку отладчика.
- **ColIDE** — интегрированная среда разработки, поддерживающая работу с платой (в частности, с отладчиком) SimpleCortex.

- **USB драйверы платы.** Предназначены для коммуникации отладочной платы с операционной системой Windows.

- **Драйверы виртуального COM-порта.** Отладочная плата имеет два USB порта, один из которых предназначен для отладчика, а второй — USB Host. USB Host и программная библиотека компании NXP позволяют использовать отладочную плату в качестве устройства с последовательным интерфейсом.

Настройка Ethernet соединения

Отладочная плата SimpleCortex может использоваться в качестве web-сервера, но для доступа к ней персонального компьютера по LAN необходимо изменить некоторые параметры сетевого окружения. Есть несколько способов подключения SimpleCortex к сети. Первый вариант — непосредственное подключение отладочной платы по сетевому кабелю к ПК. Второй — подключение к маршрутизатору. Во втором случае потребуется лишь изменение прошивки микроконтроллера SimpleCortex

Для реализации первого варианта подключения необходимо зайти в *Панель Управления* → *Сеть и Интернет* и в параметрах сетевого адаптера выбрать для настройки протокол Internet protocol version 4 (TCP/IPv4) (Рисунок 7).

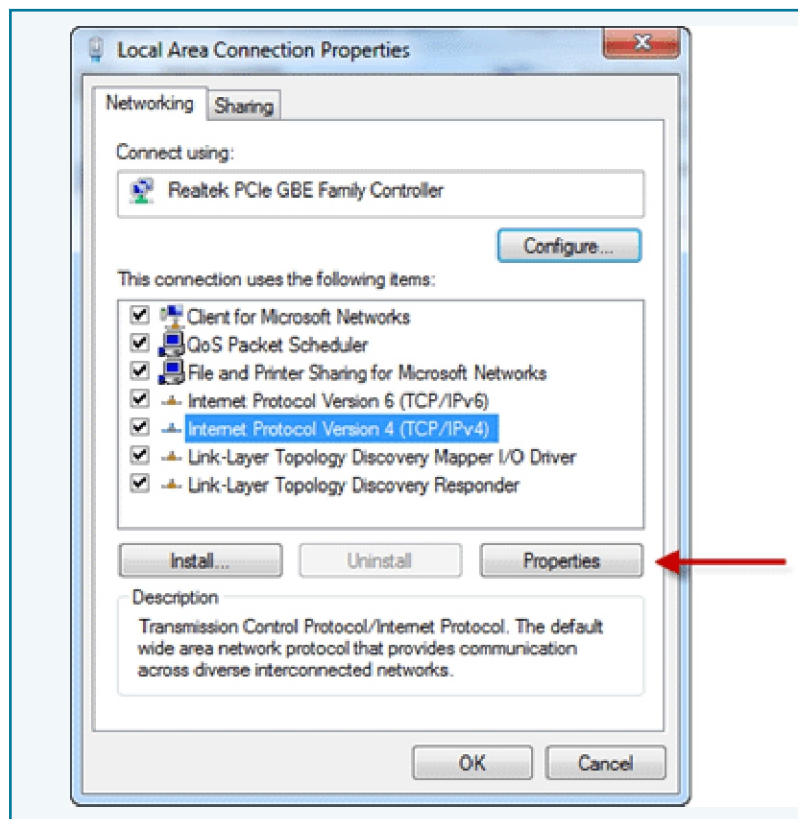


Рисунок 7. Окно настроек сетевых протоколов.

В настройках протокола следует поставить галочку напротив «Использовать следующий IP-адрес» и в соответствующих полях прописать следующие параметры (Рисунок 8):

IP-адрес = **192.168.1.111**

Маска подсети = **255.255.255.0**

Основной шлюз = **192.168.1.1**

После этого сохранить настройки, нажав кнопку «ОК».

Для подключения платы SimpleCortex через маршрутизатор необходимо лишь сде-

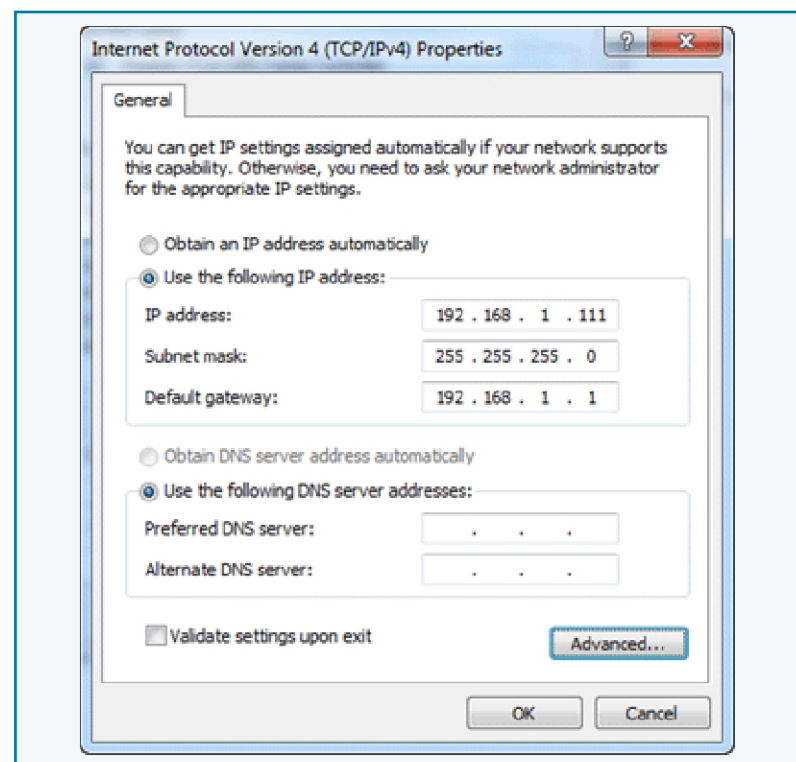


Рисунок 8. Настройка протокола TCP/IPv4 для работы с отладочной платой SimpleCortex по сети.

лать изменения в основной программе микроконтроллера. Преимущества такого способа подключения в том, что с каждого компьютера или смартфона в сети можно получить доступ к SimpleCortex. Можно получить доступ также из любой точки мира посредством Интернет.

Однако следует учитывать один немаловажный момент. Поскольку отладочная плата будет связана с Всемирной паутиной, нельзя забывать, что подключаться к ней могут люди с недобрыми намерениями. Разработчики SimpleCortex не несут ответственности за причиненный в таком случае ущерб.

Вся процедура настройки сводится к изменению IP-адреса в программе микроконтроллера (исходный код). Это делается каждый раз при создании нового проекта.

Процедура настройки

В командной строке необходимо ввести команду *ipconfig/all* и нажать Ввод. В приведенном списке параметров необходимо найти IP-адрес вашего маршрутизатора (*Default Gateway*), запомнить его, или записать (Рисунок 9).

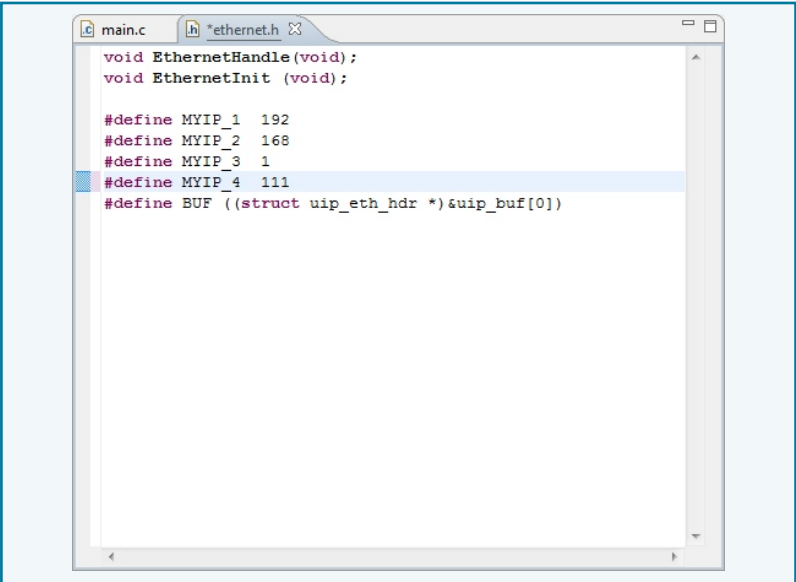


Рисунок 9. Результат выполнения команды *ipconfig* – IP-адрес маршрутизатора, к которому будет подключена плата SimpleCortex.

В интегрированной среде разработки CoIDE откройте файл библиотеки *Ethernet.h*.

Измените IP-адрес SimpleCortex, так чтобы первые три числа совпадали с IP-адресом

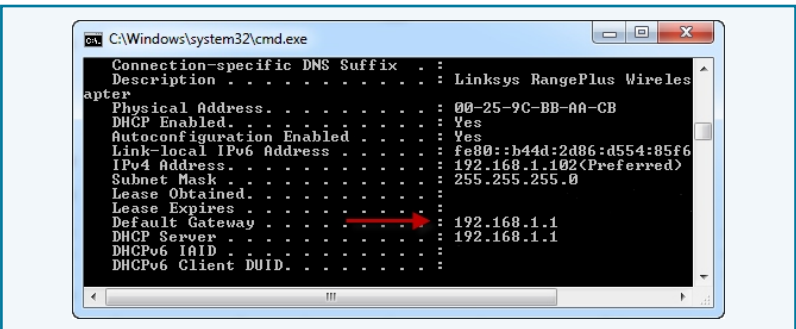


Рисунок 10. Изменение IP-адреса в исходном коде программы микроконтроллера (библиотека *Ethernet.h*).

маршрутизатора, а четвертое было легко запоминаемым. Например, 192.168.1.111 (Рисунок 10).

Предупреждение. Никогда не допускаете дублирование IP-адресов в одной сети. Вы можете варьировать четвертое число IP-адреса, если уверены, что это не приведет к конфликтам между сетевыми устройствами.

Обновление прошивки отладчика

В некоторых случаях требуется замена прошивки встроенного отладчика, например, при использовании новой версии среды CoIDE. Мы рассмотрим пошагово, как обно-

Таблица 2. Таблица соответствия версий		
Версия CoIDE	Версия драйверов USB	Версия прошивки отладчика
1.3.x	1.1.x	0.3
1.4.x	1.2.x	0.4

вить прошивку. Помните, что версии прошивки связаны с определенной версией среды разработки (Таблица 2).

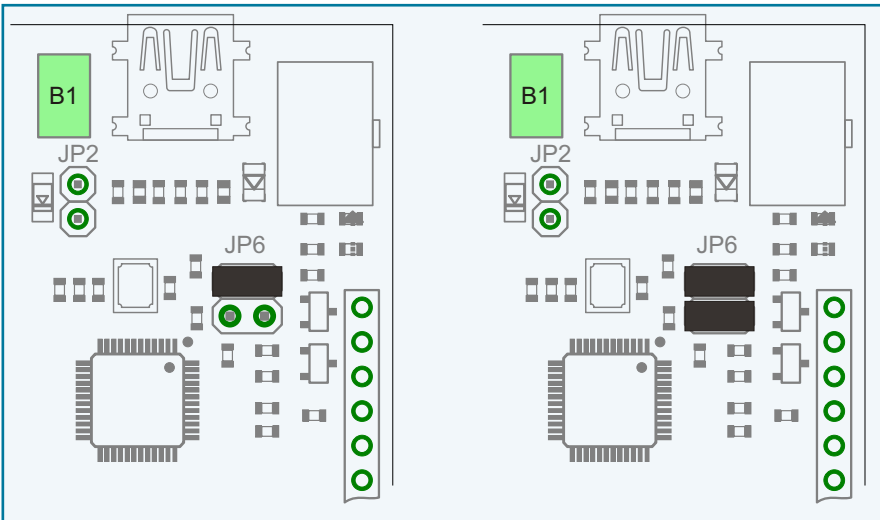


Рисунок 11. Перемычки на плате SimpleCortex, используемые в режиме обновления прошивки встроенного отладчика.

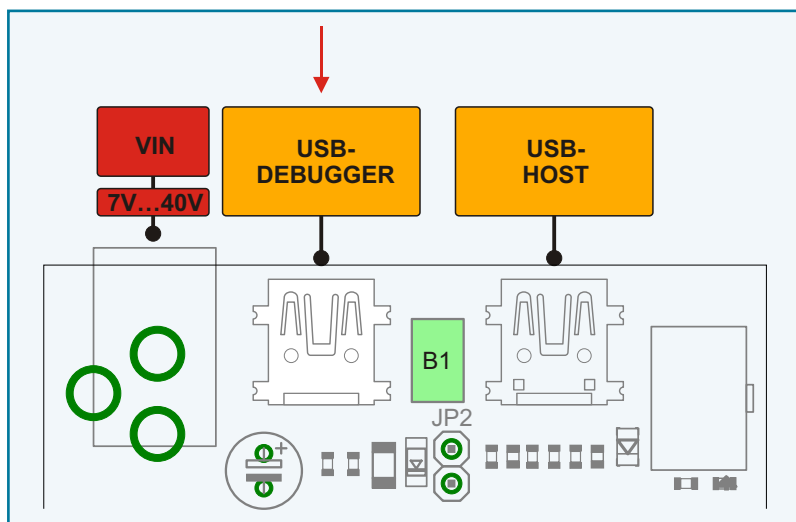


Рисунок 12. Подключение отладчика SimpleCortex к ПК.

Отладочная плата SimpleCortex поставляется с отладчиком версии 0.4.

Для обновления прошивки, на отключенной плате необходимо установить перемычку, как показано на Рисунке 11 (первая позиция сдвоенного джампера J6).

Затем подключаем отладчик SimpleCortex к ПК (Рисунок 12). Если это делается в первый раз, Windows потребует установить необходимые драйверы, что может занять некоторое время.

Включаем вторую перемычку и ожидаем появления окна «Автозапуск», затем нажимаем кнопку «Просмотр файлов».

Для обновления прошивки необходимо просто заменить файл на новый, требуемой версии. После этого отключаем отладчик от

ПК, отключаем перемычки и подключаем снова к ПК. Об удачной замене прошивки будет свидетельствовать корректное имя отладчика в диспетчере устройств Windows (Рисунок 13).

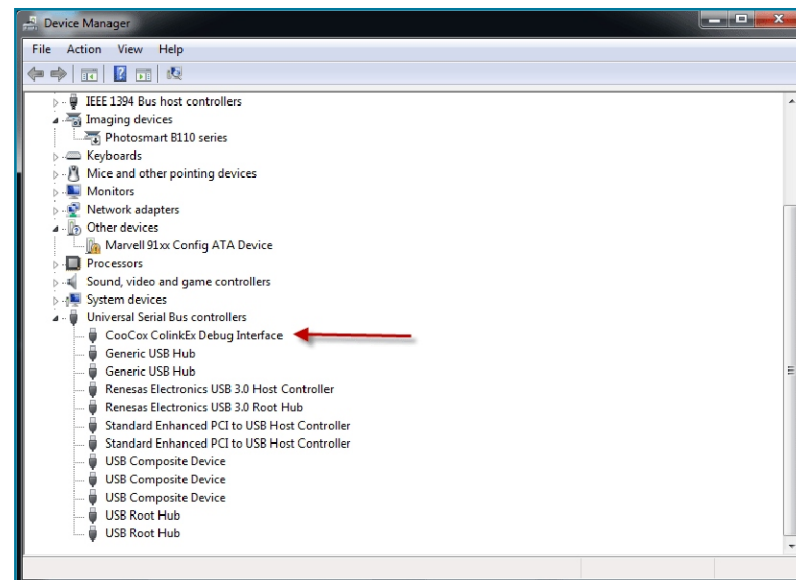


Рисунок 13. Отладчик SimpleCortex в диспетчере устройств Windows после удачного обновления прошивки.

Как и для открытой платформы Arduino, для SimpleCortex доступно большое количество примеров использования периферии микроконтроллера и различных внешних устройств. Многочисленные учебные материалы и дополнительная документация значительно упрощают разработку и отладку проектов. Также для пользователей доступны дополнительные библиотеки и примеры с открытым исходным кодом, которые могут использоваться ими в своих проектах. ■

Загрузки

USB драйверы (64-битная ОС)	
USB драйверы (32-битная ОС)	
Прошивки отладчика (версии 0.3V1, 0.3V2, 0.4)	
Готовые программные библиотеки для работы с периферией	

Простой транзисторный ключ позволяет определить неисправность термопары

Vishwas Vaidy, Индия

Electronic Design

Термопары или их выводы нередко оказываются закороченными или оторванными от измерительной схемы. Однако очень трудно отличить милливольтовый нормальный сигнал датчика температуры от очень похожего сигнала термопары при ее обрыве или коротком замыкании. Традиционные решения этой проблемы основаны на генерации тональных сигналов и измерении характеристик их отражения, или на использовании источников тока. Это значительно удорожает схему и может оказаться недопустимым для бюджетных приложений, таких, например, как устройства автомобильной электроники.

Пример малозатратного решения, показанный на Рисунке 1, основан на транзисторном ключе (Q1). В нормальном режиме транзистор закрыт, и на построенный на микросхеме U1 дифференциальный усилитель поступает сигнал от термопары. Микроконтроллер периодически проверяет схему на обрыв, включая на короткое время Q1 и измеряя выходное напряжение усилителя. Если Q1 включен при исправной термопаре, на термопару будет подано постоянное напряжение

определенной величины, зависящей от номиналов резисторов R10, R4 и R5. Возникающий при этом ток, текущий через сопротивление термопары, создает на ее зажимах дополнительный дифференциальный сигнал.

Это приводит к незначительному увеличению напряжения на выходе U1 (в сравнении с состоянием при выключенном Q1). Если же Q1 включен при коротком замыкании выводов термопары, никаких изменений на выходе U1 не произойдет.

При обрыве термопары U1 автоматически примет конфигурацию буфера с единичным усилением (задаваемым резисторами R4, R5 и R1). Вследствие этого напряжение на выходе U1 повысится на несколько вольт. Сравнив это напряжение с напряжением при выключенном транзисторе Q1, микроконтроллеру несложно правильно определить факт обрыва термопары.

Диоды D3, D4, и т.д., позволяют с помощью одной схемы контролировать несколько термопар. Резисторы R1 и R2 защищают входы U1 от случайного замыкания выводов термопары на положительную шину питания, что

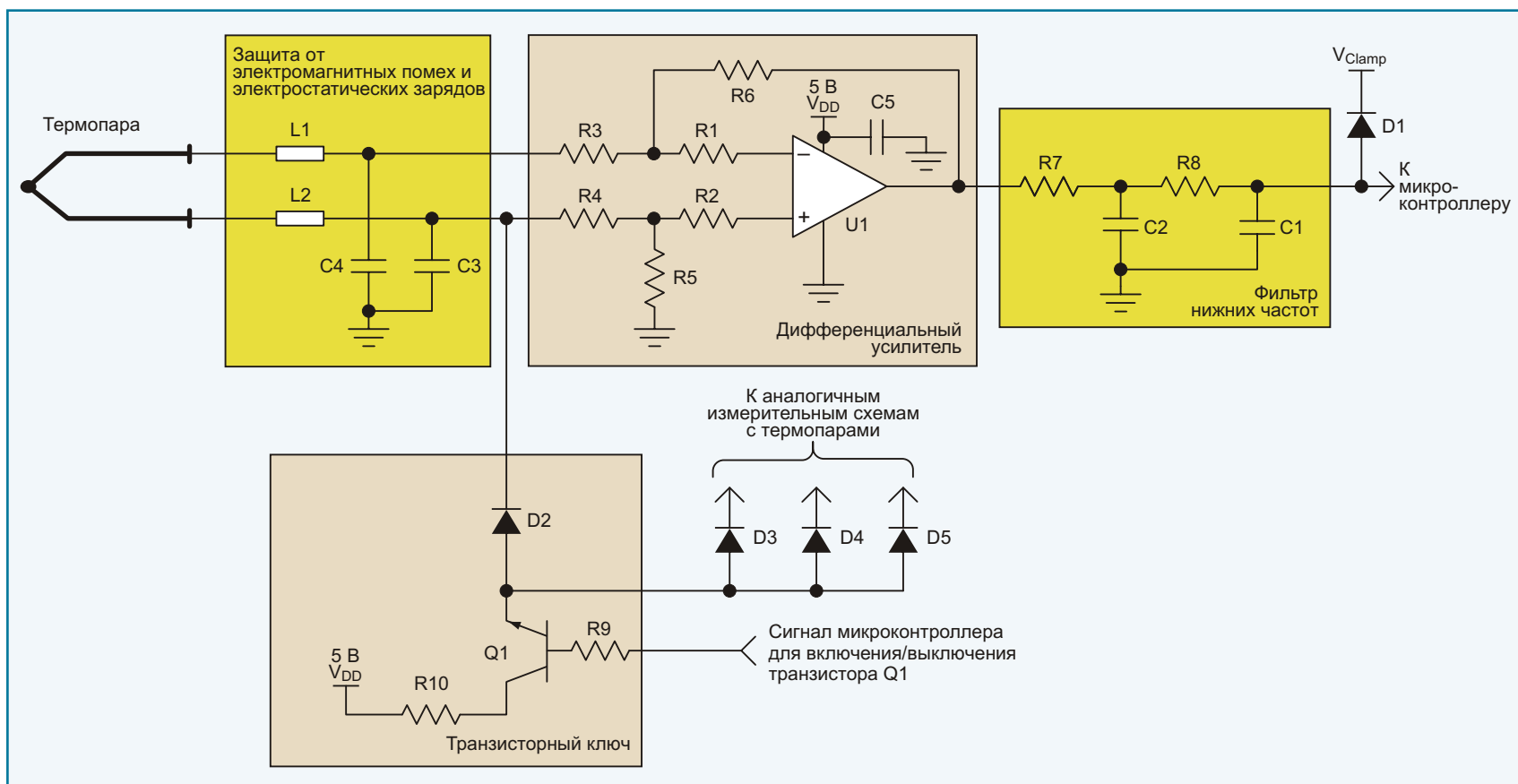


Рисунок 1. Подавая на короткое время постоянный ток в петлю термопары и наблюдая результат на выходе усилителя, системный микроконтроллер может определить короткое замыкание, обрыв или исправное состояние термопары.

возможно в автомобильных приложениях. Если в вашем случае такой опасности не существует, резисторы можно не устанавливать.

Итак, при включении транзистора Q1 происходит небольшое увеличение выходного

напряжения U_1 , напряжение не меняется совсем или же меняется значительно, в зависимости от состояния термопары: исправна, замкнута накоротко или оборвана, соответственно. С помощью микроконтроллера можно распознать любое из этих состояний. ■



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

- ▶ **светодиоды, OLED**
- ▶ **аккумуляторы и зарядные устройства**
- ▶ **измерения-2**

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

приглашаем к сотрудничеству!

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. www.decima.ru - Системы видеонаблюдения, клеммы WAGO, измерительное оборудование Testboy, ручной инструмент Jokari.
2. www.datasheet.ru - Поиск даташитов от Google (только сайты производителей!)
3. www.rlocman.ru/comp/shop.html - Цены: от транзистора до осциллографа, прайс-листы лучших дистрибьюторов.
4. www.rlocman.ru/pr/ - Описания и сравнение параметров большой базы измерительного оборудования.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Журнал РАДИОЛОЦМАН

Главный редактор:

А. Николаев

Над номером работали:

В. Колесник
С. Муратчаев
А. Николаев
М. Русских
В. Чистяков

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

Оформление подписки:

www.rlocman.ru/magazine

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

сентябрь 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

НОВОСТИ

Agilent Technologies анонсировала 14 портативных анализаторов с точностью настольных приборов	5
ОУ, компаратор и ИОН в микросхемах Touchstone Semiconductor потребляют 1.5 мкА при напряжении питания 0.8 В	7
Ресурсов ветра достаточно, чтобы многократно удовлетворить потребности человечества в энергии	8
Texas Instruments представляет первые в мире программируемые дифференциальные усилители	9
Agilent Technologies представляет самые скоростные в мире векторные генераторы сигналов	11
Назад в будущее: IBM и ST разрабатывают логические схемы на нанореле	13
Sharp представила полупрозрачные солнечные панели	14
Peregrine Semiconductor расширяет семейство особо линейных высокочастотных ключей	15
Hitachi продемонстрировала кусочек стекла, на котором можно хранить данные вечно	16
Mediatek выпустит 8-ядерный чип MT6599 с поддержкой LTE в первом квартале 2013 года	17
ON Semiconductor выпустила новые многоканальные микросхемы управления питанием	18
Samsung выпускает ОЗУ LPDDR3 объемом 2 ГБ для мобильных устройств следующего поколения	20

СТАТЬИ

Возвращение к основам электрических измерений	21
Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок	31
Радиочастотные микросхемы в решениях для систем контроля давления в шинах	39
Оборви счетчику провода: беспроводные решения диапазона < 1 ГГц от Texas Instruments	43
Управление и цветная графика с использованием микроконтроллерных модулей компании Терразлектроника	58
Способы уменьшения тепловыделения в однотактных трансформаторных конвертерах. Часть 1	64
Обзор бюджетного 6-дюймового букридера PocketBook Basic New	71

СХЕМЫ

Четыре логических пробника на одной КМОП микросхеме. Часть 1	73
SimpleCortex – отладочная плата, совместимая с Arduino. Часть 2	77
Простой транзисторный ключ позволяет определить неисправность термодпары	81