

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

# РАДИОЛОЦМАН

Март 2012



Анатомия цифровых изоляторов

Турбины для оффшорных ветропарков:  
новые подходы к транспортной логистике

Discera создала самые точные в мире  
многоканальные МЭМС генераторы

Использование датчика тока ACS712



## ВОЙНА INTEL и ARM

Системы-на-кристалле открывают  
новый фронт войны чипов

Оформление бесплатной подписки:

[www.rlocman.ru/magazine](http://www.rlocman.ru/magazine)

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

## НОВОСТИ

Oxford Nanopore представила высокопроизводительную платформу для анализа ДНК	5
Intel разместила модуль Wi-Fi на одном кристалле с процессором	6
Texas Instruments представила ультразвуковой стилус	7
Envia Systems установила рекорд удельной емкости литий-ионных аккумуляторов	7
Новый осциллограф Rohde & Schwarz обеспечивает наивысшую точность измерений среди приборов своего класса	8
Discera создала самые точные в мире многоканальные МЭМС генераторы	9
Fairchild разработала микросхему для автоматической идентификации типа аудио разъемов	10
Torex разработала LDO стабилизаторы с нижним пределом входного напряжения 0.5 В	11
DDC представила самый экономичный в мире приемопередатчик стандарта MIL-STD-1553	12
Relequick приступила к производству температурных контроллеров, управляемых с помощью SMS	13
Vestas помогает развивать ветроэнергетику Китая	14
Повышающий преобразователь напряжения AU1R3240S для старт-стопных систем может сэкономить до 15% топлива	15

## СТАТЬИ

Системы-на-кристалле открывают новый фронт войны чипов. Часть 1	17
RocketBook 360° Plus-2012: 5-дюймовый ридер с 800 МГц процессором	23
Анатомия цифровых изоляторов	25
Турбины для оффшорных ветропарков: новые подходы к транспортной логистике. Часть 1	30
ЛЕГКОВЕСЫ ЭЛЕКТРОНИКИ. AX8052F100 – ультра маломощный микроконтроллер для радиочастотных приложений	36
Сетевые возможности Arduino-приложений и систем	42
ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Одноразрядный микропроцессор Motorola MC14500	47

## СХЕМЫ

Использование датчика тока ACS712	49
Диапазон преобразования АЦП микроконтроллера можно расширить вдвое без потери точности	57
Детектор перехода через ноль для управления симисторами	60
Простой высокочастотный генератор пилообразного напряжения	63

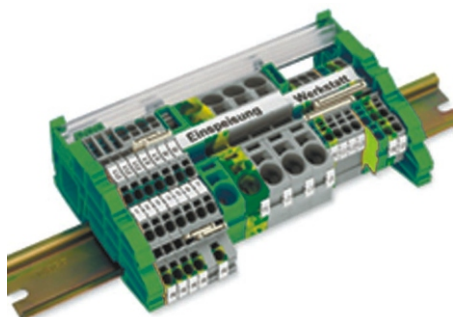
# настоящее немецкое качество



контрольно-  
измерительное  
оборудование



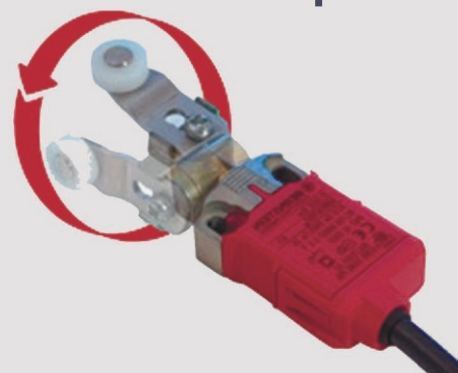
инструмент для  
разделки кабеля  
и снятия изоляции



клеммы  
на DIN рейку  
и для печатных плат



промышленные корпуса  
выключатели  
датчики



## ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

[WWW.DECIMA.RU](http://WWW.DECIMA.RU)



## **Oxford Nanopore представила высокопроизводительную платформу для анализа ДНК и ДНК–секвенсор в форме USB–флеш–накопителя**

Компания Oxford Nanopore Technologies представила высокоэффективные электронные устройства GridION и MinION для определения последовательности оснований в цепочке ДНК (секвенции). Сверхбольшая длина считываемой последовательности, высокая пропускная способность и выдача результатов секвенирования в реальном времени – эти особенности взорвут рынок, когда, уже в текущем году, Oxford Nanopore начнет прямые поставки приборов заказчикам.

Система GridION состоит из масштабируемых приборов (узлов), используемых с расходными картриджами, содержащими собственный массив чипов с измерительными нанопорами. Каждый узел и картридж GridION изначально были разработаны так, чтобы выдавать суточный объем секвенированных данных в десятки ГБ, с возможностью пользовательской настройки времени работы от нескольких минут до нескольких дней, в соответствии с программой эксперимента. Каж-



*Узел GridION с расходным картриджем*

дый картридж может в реальном времени секвенировать до 2000 нанопор одновременно. Альтернативные конфигурации с еще большим количеством обрабатывающих ядер будут доступны в начале 2013 года и будут содержать более 8000 нанопор.

Узлы могут быть сгруппированы и соединены с вычислительными устройствами, что позволит увеличить количество проводимых одновременно экспериментов при необходимости сокращения времени получения результатов. Например, установка с 20 узлами в конфигурации с 8000 нанопор, смогла бы проанализировать геном человека за 15 минут.



*Система GridION*

В каждом узле GridION содержатся аппаратные вычислительные средства и управляющее программное обеспечение, необходимые для первичного анализа данных, последовательно поступающих от каждой нанопоры и собирающихся в полноценный информационный пакет, который может использоваться для выполнения вторичного анализа уже в ходе эксперимента. Это позволяет пользователю предопределять задачу эксперимента и проводить процесс секвенирования до тех пор, пока не будет накоплено достаточно дан-

ных, чтобы достичь цели текущего эксперимента и переходить к следующему.



**Портативный секвенсор MinION**

Oxford Nanopore разработала также уменьшенный вариант ДНК-секвенсора – одноразовый прибор MinION, выполненный в форме USB-флеш-накопителя. Его компактность, простота и низкая стоимость сделают анализ ДНК доступным для каждого. Предполагаемая розничная цена на MinION не превысит \$900.

---

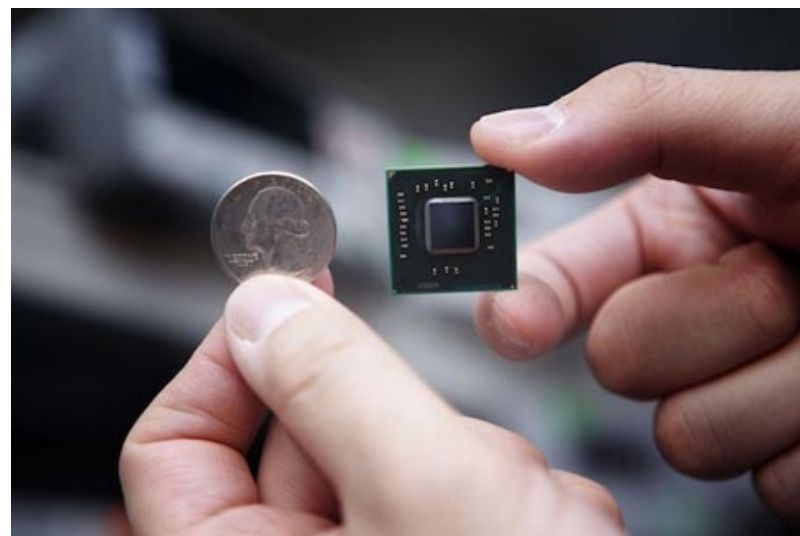
## **Intel разместила модуль Wi-Fi на одном кристалле с процессором**

Исследователи компании Intel придумали, как увеличить скорость и энергоэффективность WiFi.

Сделать это предполагается с помощью микросхемы, получившей название Rosepoint. И хотя пока это всего лишь иссле-

довательский проект, новый чип может появиться в мобильных телефонах и ноутбуках в середине этого десятилетия.

Rosepoint являет собой технологический прорыв, к которому инженеры Intel стремились на протяжении многих лет. Им уже приходилось раньше реализовывать небольшие радиочастотные блоки в цифровом виде, но теперь удалось встроить цифровой модуль WiFi 2.4 ГГц на общий кристалл с экономичным процессором Atom.



По словам Джастина Рэттнера (Justin Rattner), главного инженера Intel, качество сигнала, получаемого от новой микросхемы, будет превосходным, а энергоэффективность – отвечать самым современным требованиям. Новые чипы позволят уменьшить количество микросхем в сотовых телефонах, а это, в свою очередь, приведет к снижению стоимости телефонов, упрощению их производства и увеличению времени работы аккумуляторов.

Но создать такую беспроводную систему на кристалле непросто. Беспроводное радио и процессор – неважные соседи. Излучение одной части влияет на работу другой. Для решения этой проблемы в Intel разработали

специальные технологии шумоподавления и экранирования для таких микросхем.

Инженеры Intel работают также над технологией размещения на кристалле радиантенн, но об этом нам ничего не сообщат в течение одного-двух лет.

---

## **Texas Instruments представила ультразвуковой стилус**

На выставке MWC 2012 компания Texas Instruments продемонстрировала стилус, который можно охарактеризовать как сочетание обычного стилуса и лазерной указки. Он позволяет пользователю бесконтактным методом на ультразвуковых частотах взаимодействовать с интерфейсом планшетного ПК. Пользователь может перемещать курсор, выбирать нужные объекты на экране, масштабировать, не прикасаясь при этом к самому экрану. Все это возможно благодаря микрофонам, расположенным в каждом углу планшетного ПК, которые позволяют определить, в какую точку конкретно направлен стилус.



Для такого планшетного ПК могло бы найтись множество применений, например, в сфере образования или при демонстрации презентаций в ходе деловых встреч. Также им могли бы пользоваться проектировщики, что позволило бы рассматривать все детали проекта в различных перспективах, не сидя при этом согнувшись перед экраном.

На данный момент это всего лишь демонстрация новой технологии, но, по заявлению Texas Instruments, через один-два квартала устройство выйдет на рынок.

---

## **Envia Systems установила рекорд удельной емкости литий-ионных аккумуляторов**

*Прорыв в области разработки автомобильных литий-ионных аккумуляторов позволит снизить стоимость, увеличить запас хода и надежность электромобилей*



Компания Envia Systems объявила о результатах испытаний, подтвердивших, что ее литий-ионные аккумуляторы следующего поколения достигли рекордного показателя удельной емкости в 400 Вт·ч/кг. После выхода таких аккумуляторов на рынок, ожидается, что цена на электромобили с запасом хода 300 миль будет уменьшена, так как более чем на половину будет сокращена стоимость самих аккумуляторов.

Благодаря трем активным компонентам аккумулятора: кремниевому-углеродному аноду, высокоемкому, обогащенному марганцем катоду и высоковольтному электролиту, удалось достичь нового рекорда для автомобильных перезаряжаемых литий-ионных аккумуляторов. Все перечисленные компоненты являются интеллектуальной собственностью Envia Systems.

Испытания нового литий-ионного аккумулятора были проведены Департаментом электрохимических систем питания Центра вооружений ВМС США при поддержке ARPA-E. Тесты, проведенные при циклах заряда-разряда различной длительности, подтвердили, что автомобильные аккумуляторные элементы с номинальным зарядом 45 А·ч (при нагрузке C/3) имеют удельную емкость от 378 до 418 Вт·ч/кг при нагрузке от C/3 до C/10, соответственно. Такие же ячейки были подвергнуты циклическим испытаниям в лабораториях Envia Systems в течение 300 циклов.

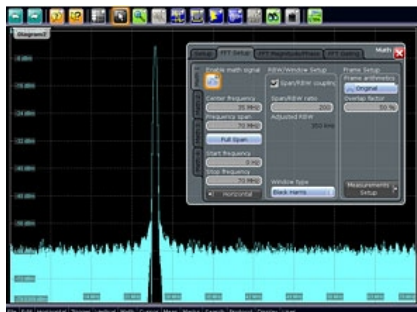
## Новый осциллограф Rohde & Schwarz обеспечивает наивысшую точность измерений среди приборов своего класса

Новый осциллограф RTO1044 фирмы Rohde & Schwarz с частотой дискретизации 20 ГГц рассчитан на широкий спектр применений. Прибор пригоден для изучения кратковременных сигналов и крутых фронтов, способен анализировать сигналы стандартных интерфейсов со скоростью передачи данных до 1.6 Гбит/с, а также быстрые тактовые последовательности частотой до 800 МГц. К особенностям осциллографа следует отнести высокую чувствительность и точность измерения сигналов малой амплитуды (менее 1 В). Сверх малошумящие входные усилители дают возможность выполнять полноценные исследования сигналов в полной полосе 4 ГГц даже при коэффициенте отклонения 1 мВ/дел. Одноядерный АЦП с быстродействием 10 ГГц обеспечивает великолепный дина-





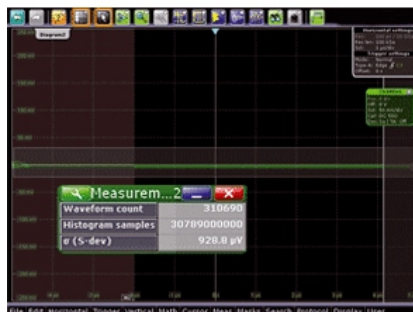
мический диапазон (эквивалентное количество разрядов более 7). Необходимо отметить и высокую скорость записи и анализа данных – до 1 млн. точек в секунду. Цифровая система



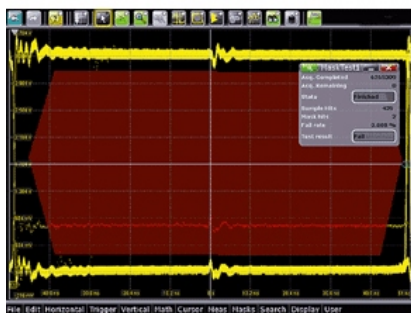
синхронизации позволяет точно идентифицировать узкие пики (до 50 пс) и определять их источник. Благодаря настраиваемому гистерезису запуска

развертки пользователь может оптимально адаптировать чувствительность синхронизации к параметрам сигнала.

Сочетание быстрого преобразования Фурье, большого динамического диапазона и широкой полосы пропускания делает RTO1044 идеальным инструментом для спектрального анализа. При разработке и наладке схем прибор способен фиксировать даже спорадические радиопомехи.



Осциллограф позволяет выполнять параллельные или фазово-когерентные измерения спектров радиосигналов в четырех каналах одновременно.

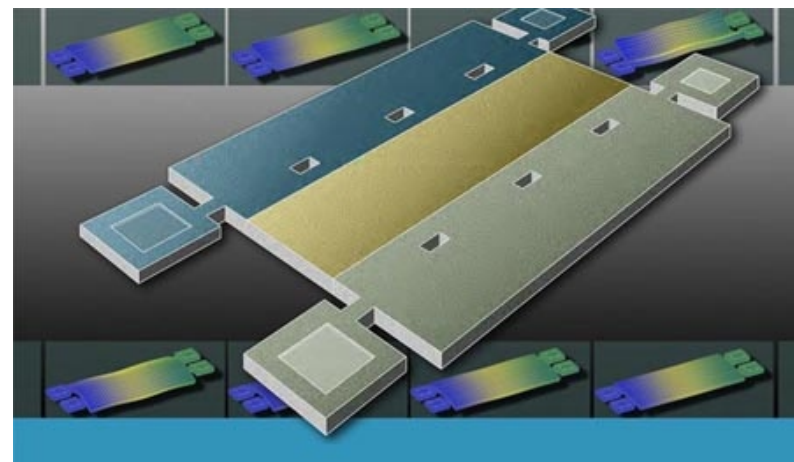


Для простоты использования осциллографы Rohde & Schwarz снабжаются сенсорными экранами. Разумно сконструированный экран с

полупрозрачными диалоговыми окнами, перемещаемыми окнами измерений, конфигурируемыми панелями инструментов и пиктограммами предпросмотра с «живыми» сигналами позволяют пользователю быстро и эффективно решать даже сложные измерительные задачи. Выбор экрана с диагональю 10.4" является удачным компромиссом между удобством и компактностью.

## Discera создала самые точные в мире многоканальные МЭМС генераторы

Discera анонсировала начало поставок многоканальных МЭМС генераторов с рекордными для сегодняшнего рынка параметрами. Серия DSC20XX с перестраиваемыми выходными частотами и уровнями сигналов выпускается в вариантах с одним и двумя выходами. Фазовый джиттер 300 фс и стабильность частоты 10 ppm позволяют утверждать, что аналогов DSC20XX пока не создано ни одной компанией.



Семейство генераторов DSC20XX с уровнями выходных сигналов CMOS, LVPECL, LVDS и HCSL позволяет разработчикам упростить и удешевить конструкции со сложными схемами синхронизации без ущерба качеству и функциональности. Созданные на основе отработанной технологии кремниевых МЭМС, приборы полностью отвечают жестким требованиям, предъявляемым к сетевой и телекоммуникационной аппаратуре.

С помощью DSC20XX можно сделать более простым и дешевым любое приложение, в котором используются несколько кварцевых резонаторов или генераторов. Там, где необходимы два несимметричных или дифференциальных источника высококачественного синхросигнала, достаточно установить один двухканальный генератор DSC20XX. В приложениях с переключаемой частотой синхронизации несколько источников тактового сигнала можно заменить единственной одноканальной схемой DSC20XX, и программно реконфигурировать ее, переключая частоту и уровень сигнала. Немаловажно и то, что DSC20XX сокращают сроки разработки новых продуктов. С помощью управляющих выводов тактовый генератор на основе этого прибора очень просто перестраивается по частоте. Этот же интерфейс позволяет изменять уровни выходных сигналов. Таким образом, для синхронизации ПЛИС, специализированной аналоговой микросхемы или формирователя видеосигналов может использоваться один и тот же генератор.

### **Ключевые особенности DSC20XX:**

- Доступность CMOS, LVPECL, LVDS и HCSL выходов в любых комбинациях
- До 8 перестраиваемых значений выходных частот и уровней сигналов

- Сверхнизкий интегральный фазовый джиттер 300 фс с.к.з. на частоте 156.25 МГц, измерившийся в полосе от 200 кГц до 20 МГц
- Рекордная для отрасли температурная стабильность 10 ppm
- Широчайший диапазон рабочих температур от –55 до 125 °С
- Миниатюрный стандартный пластиковый корпус размером 3.2 × 2.5 мм
- Срок поставки 2 недели

Генераторы DSC2011 с двумя CMOS выходами в партиях 10,000 приборов продаются по цене \$1.75 за штуку.

По уровню надежности, стабильности, точности, цене и срокам поставки монолитные МЭМС генераторы DSC20XX превосходят кварцевые резонаторы и генераторы.

---

## **Fairchild разработала микросхему для автоматической идентификации типа аудио разъемов**

Разработчики сталкиваются с проблемой одновременного существования двух стандартов конфигурации аудио разъемов 3.5 мм: OMTP L/R/M/G (Open Mobile Terminal Platform) и CTIA L/R/G/M (Cellular Telephone Industries Association). Из-за различий в назначении контактов конструкторам приходится либо выбирать только какой-то один стандарт, либо усложнять устройство, чтобы обеспечить поддержку обоих стандартов.

Для решения этой проблемы Fairchild Semiconductor создала микросхему матрично-

го коммутатора «Микрофон»/«Земля» типа FSA8049, поддерживающего оба стандарта конфигурации разъемов и обеспечивающего совместимость со всем семейством аналоговых аудио микросхем Fairchild для мобильных устройств. Микросхема определяет положение контактов «Микрофон» и «Земля» на кабельном разъеме и автоматически подключает их к нужным выводам. Это позволяет потребителю не задумываться о том, по какому стандарту распаяны, например, наушники, которые он подключает к своему устройству.



### Особенности и преимущества:

- Автоматическая идентификация одной из двух конфигураций разъема и коммутация контактов в соответствии с каждым стандартом позволяют потребителю использовать старые наушники с новыми устройствами без необходимости в ручном переключении
- Автоматическое подключение линий «Земля» и «Микрофон» к нужным контактам разъема
- Способность различать трех- и четырехконтактные разъемы

- Миниатюрный 9-выводной корпус WLCSP размером 3,3 мм
- Могут использоваться в сотовых телефонах, смартфонах, планшетных компьютерах и ноутбуках

Микросхемы FSA8049 выпускаются серийно, и при объеме партии 1000 приборов продаются по цене \$0.36 за штуку. Срок поставки от 8 до 12 недель.

## Тorex разработала LDO стабилизаторы с нижним пределом входного напряжения 0.5 В

Torex Semiconductor разработала новые быстродействующие LDO стабилизаторы с нижним пределом входного напряжения 0.5 В.

Серия XC6603/XC6604 расширяет семейство высокоскоростных стабилизаторов с выходным током 1 А и входным напряжением от 0.5 В, первой в котором была микросхема XC6602. Серия идеально подходит для любых приложений, в которых должны сочетаться высокий КПД, большой ток и малое входное напряжение.

Подачей внешнего напряжения от 2.5 до 6.0 В на специальный вывод микросхем XC6603/XC6604 интервал допустимых входных напряжений снижается до 0.5...3.0 В. В составе серии с шагом 0.1 В выпускаются стабилизаторы с фиксированным выходным напряжением от 0.5 до 1.8 В.

Благодаря интеграции проходного p-канального транзистора, минимальное и максимальное выходные напряжения можно сде-

лать намного меньше, чем в LDO стабилизаторах традиционной структуры с р-канальным транзистором. Другим преимуществом такой архитектуры является исключительно низкое прямое падение напряжения на стабилизаторе при низком выходном напряжении. Так, при напряжении на выходе 1.2 В, напряжении смещения 3.3 В и токе нагрузки 1 А, на микросхеме падает всего 162 мВ. Устойчивость стабилизатора гарантируется при емкости выходного конденсатора 2.2 мкФ.

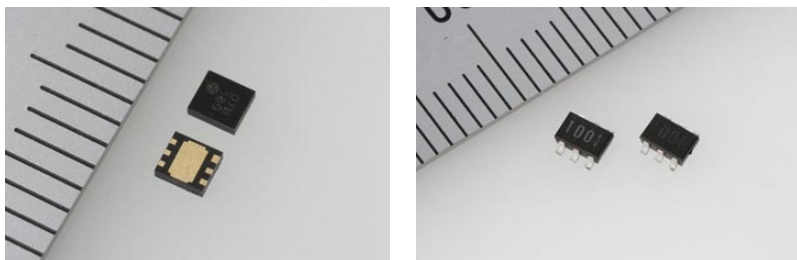


Схема мягкого запуска исключает броски тока при включении микросхемы и ограничивает колебания тока на входной шине. Среднее время мягкого старта микросхемы XC6604 равно 430 мкс, а в микросхеме XC6603 время устанавливается с помощью внешнего конденсатора.

Типовой порог срабатывания схемы защиты от перегрузки по току равен 1.3 А для обеих микросхем, но в XC6604 предусмотрена дополнительная возможность скорректировать это значение внешним резистором.

Среди остальных защитных функций надо отметить прогрессирующее ограничение тока, отключение при перегреве и блокировку при пониженном входном напряжении.

Микросхемы выпускаются в миниатюрных корпусах USP-6C и SOT-26W не содержащих свинца, и удовлетворяют требованиям директивы RoHS.

## Особенности микросхем серии XC6603/XC6604

- Быстродействующие LDO стабилизаторы с n-канальным проходным транзистором и выходным током 1 А
- Сверхнизкое прямое падение напряжения (162 мВ при выходном напряжении 1.2 В, напряжении смещения 3.3 В и токе нагрузки 1 А)
- Схема разряда выходной емкости и функция мягкого запуска (с регулировкой времени включения в серии XC6603)
- Защита от перегрузки по току (с регулируемым порогом срабатывания в серии XC6604)

## DDC представила самый экономичный в мире приемопередатчик стандарта MIL – STD – 1553

Data Device Corporation (DDC) представила самый экономичный в мире сдвоенный приемопередатчик стандарта MIL-STD-1553 в корпусе размером 7 x 7 мм.

Совместимый со стандартами 1553A/B, MIL-STD-1760 и McAir приемопередатчик BU-67401L предоставляет разработчикам воз-



возможность гибкого подхода к созданию наземной и аэрокосмической аппаратуры, от вычислительных комплексов управления полетом и дисплеев до транспортных средств и гражданских самолетов.

### Основные особенности BU-67401L

- Небольшие габариты (7 × 7 мм)
- Сверхнизкое потребление мощности
- Единственный источник питания +3.3 В
- Вскрытая теплоотводящая площадка на нижней стороне корпуса LPCC
- Разработаны для условий эксплуатации в аппаратуре военного назначения (−55 ... +125 °С)
- Доступны опции в бессвинцовых корпусах

## Relequick приступила к производству температурных контроллеров, управляемых с помощью SMS

Испанская компания Relequick начала производство температурных контроллеров SMX-T80. Электронное устройство управляет температурой контролируемого объекта и, отправляя SMS сообщения через GSM модем, сообщает о любых существенных отклонениях от установленного режима.

### Технические особенности

- Конфигурирование с помощью SMS или мобильного приложения. Защита паролем от несанкционированного доступа.

- Переотправка информации без дополнительной настройки.
- Диапазон рабочих температур при использовании внешнего датчика температуры от −25 до +85 °С.
- Три режима сброса тревоги:
  - Форсированный: сигнал тревоги выключается только ручным сбросом
  - Спланированный: количество тревожных сообщений ограничивается
  - Автоматический: сигнал тревоги выключается при возврате температуры к нормальному уровню
- Световая индикация включения сигнализации
- Конфигурируемые режимы включения звуковой сигнализации: на заданное время или до ручного сброса.
- Сигнализация неисправности питания с программируемой задержкой включения.



- Сигнализация неисправности датчика температуры. Включается при неисправности или отсоединении датчика.
- Регулируемый гистерезис термостата. Возможны режимы «Нагрев» и «Охлаждение».
- Два не требующих внешнего питания входа для ручного управления реле.

- Встроенный программируемый выключатель сигнала тревоги.
  - Встроенный выключатель для восстановления системной памяти по умолчанию, например, при утрате пароля доступа.
- Применение

Устройство может применяться как в системах, требующих мониторинга температуры в реальном времени, так и в системах общего назначения.

### Типичные приложения

- Холодильные камеры и продовольственные магазины
- Рефрижераторные контейнеры
- Морозильные камеры
- Техника для производства мороженого
- Охлаждаемые витрины
- Складские помещения и винные погреба
- Серверные помещения

## Vestas помогает развивать ветроэнергетику Китая

Компания Vestas получила заказ на поставку ветрогенераторов общей мощностью 50 МВт от фирмы Лунюань (Longyuan), одной из крупнейших китайских проектных организаций, специализирующейся в области ветроэнергетики. Контрактом предусматривается монтаж 25 высокоэффективных турбин V90-2.0 мощностью 2 МВт каждая. Турбины будут установлены на ветряной ферме возле города Путянь в провинции Фуцзянь. По завершении проекта суммарная мощность ветряных электростанций, установленных



компанией Vestas в этом районе, достигнет 450 МВт.

Для провинции Фуцзянь и прибрежных районов юго-востока Китая характерны небольшие средние скорости ветра с периодическими сильными порывами. Именно поэтому Vestas выбрала турбины V90-2.0, отличающиеся высокой производительностью при слабом ветре, и, в тоже время, способные выдерживать сильные случайные порывы. Составляя экономическое обоснование проекта, Vestas тщательно проанализировала возможный износ турбин в течение всего срока эксплуатации на ферме Кьюлу и пришла к заключению о необходимости установки дополнительной системы резервного питания привода поворота гондолы. В случае перебоев в энергоснабжении при экстремальной силе ветра это позволит гондole разворачиваться по ветру, сводя к минимуму риск повреждения оборудования.

Первые турбины в провинции Фуцзянь Vestas установила в 2008 г., и с тех пор компания постоянно укрепляет свои позиции на рынке этой части Китая. В 2011 г. Vestas выиграла конкурс на поставку в Фуцзянь ветрогенераторов общей мощностью 100 МВт. Суммарная мощность ветроэнергетических установок, работающих в настоящее время на территории Китая, приближается к 800 МВт.



Согласно контракту, Vestas поставляет ветряные турбины, выполняет их монтаж и ввод в эксплуатацию. Помимо этого, компания берет на себя установку и сопровождение программного пакета Vestas Online SCADA, а также техническое обслуживание турбин. Начало работ запланировано на третий квартал 2012 г.

## **Повышающий преобразователь напряжения AUIR3240S для старт-стопных систем может сэкономить до 15% топлива**

International Rectifier представила микросхему AUIR3240S для управления силовыми ключами старт-стопных систем двигателей внутреннего сгорания, благодаря которой сокращение количества топлива, расходуемого транспортным средством, может достигать 15%.

AUIR3240S – это высоко интегрированный повышающий преобразователь напряжения,

разработанный специально для старт-стопных систем, выключающих двигатель, когда автомобиль останавливается в пробке. Для таких систем требуется стабилизатор напряжения бортовой сети с силовым ключом, отсоединяющим стартер и аккумуляторную батарею от вспомогательных электрических цепей во время запуска двигателя. Для снижения сопротивления в открытом состоянии AUIR3240S может управлять несколькими, включенными параллельно MOSFET ключами, потребляя при этом ток менее 50 мкА. Новый прибор обеспечивает выходное напряжение 15 В в широком диапазоне входных напряжений от 4 до 36 В. Кроме того, для повышения надежности в AUIR3240S встроены средства диагностики выхода и интерфейс датчика температуры.



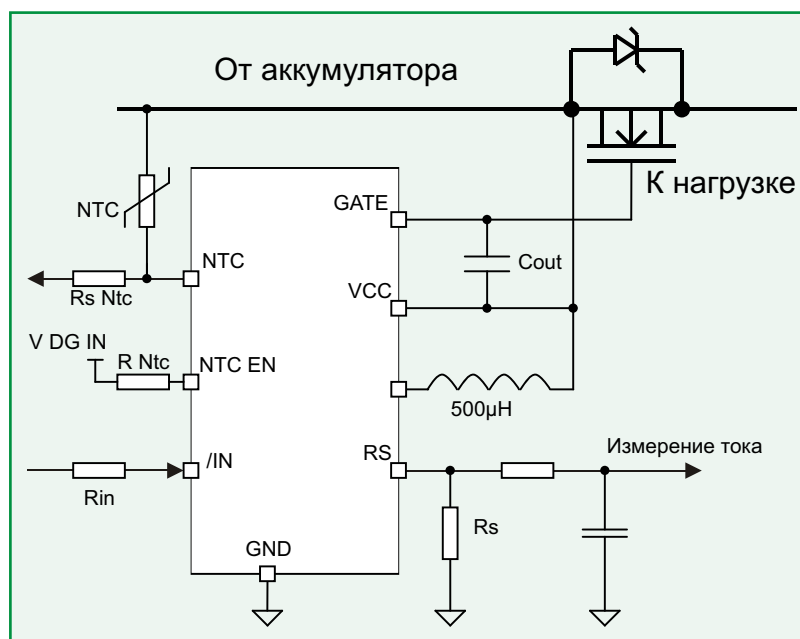
AUIR3240S соответствуют перечню стандартов AEC-Q100, безопасны для окружающей среды, не содержат свинца, отвечают требованиям директивы RoHS и являются элементом целевой программы «ноль дефектов» для компонентов автоэлектроники фирмы International Rectifier.

Справочные данные, перечень квалификационных стандартов, Spice модель и средства проектирования доступны на сайте International Rectifier.

## Технические характеристики

Прибор	Корпус	Входное напряжение	Выходное напряжение	Рабочий ток
AUIR3240S	SOIC-8	4...36 В	>11.5 В	50 мкА макс.

## Типовая схема включения AUIR3240S



## Доступность и цена

Цены AUIR3240S начинаются с \$0.85 за микросхему при покупке крупными партиями от 100,000 шт. Приборы поставляются со склада немедленно по получении заказа.



# Системы-на-кристалле открывают новый фронт войны чипов

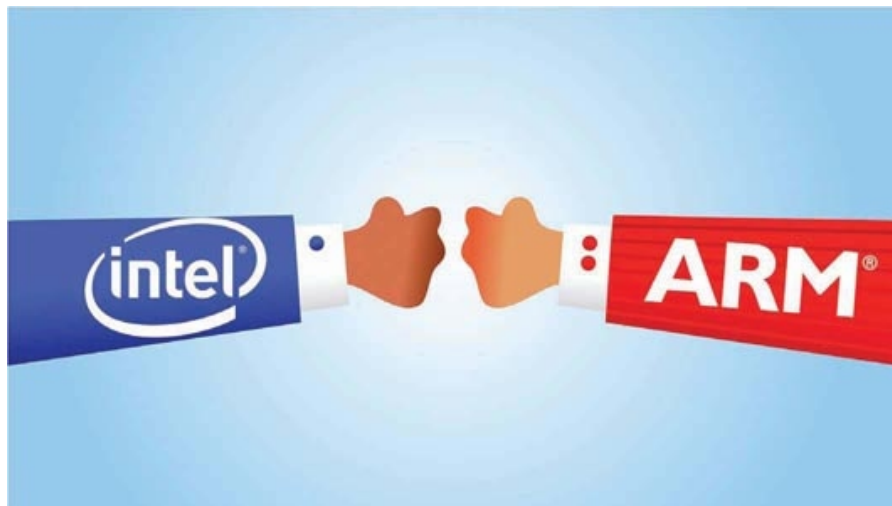
## Часть 1

Pushkar Ranade, SuVolta, США

EE Times

На протяжении почти четырех десятилетий растущий рынок персональных компьютеров служил локомотивом развития кремниевых технологий и совершенствования цифровых транзисторов. Достигшая зрелости отрасль ПК и стремительная эволюция мобильных устройств обозначили новые тенденции. Куда пойдет отрасль дальше? Будет ли ARM постепенно наращивать производительность, или же Intel снижать потребляемую мощность?

Мерой успеха в новых условиях будет не только совершенство транзисторов, но и более высокая функциональность, меньшие размеры устройств, меньшая стоимость и меньшая потребляемая мощность. Эти перемены открывают широкие возможности для новых игроков и бросают вызов ветеранам рынка.



### Intel и ARM: ЦП против систем – на – кристалле

Панораму поля битвы определяют два конкурирующих лагеря. По одну сторону фронта располагается вертикально интегрированная компания Intel, бесспорный лидер в кремниевой технологии и компьютерной архитектуре x86. По другую – горизонтально интегрированная ARM, лидер в разработке архитектуры недорогих маломощных систем.

В то время как Intel открыла эру процессоров, ARM стала родоначальницей грандиозной экосистемы разработки и производства систем-на-кристалле (System-on-Chip – SoC). В мире процессоров функциональность чипа определяется, прежде всего, вычислительным ядром (например, Pentium или Athlon), и параметры транзисторов здесь играют ключевую роль. В

мире SoC ядро – лишь один из множества высокотехнологичных блоков, каждый из которых, независимо от остальных, вносит самостоятельный вклад в общие характеристики системы.

Исторически сложилось так, что Intel, сосредоточившая основные усилия на уменьшении размеров транзисторов и улучшении их характеристик, в технологии SoC всегда отставала от лидеров на год-два. Вместо интеграции на кристалле разнородных функциональных блоков компания активно занималась масштабированием проектных норм. Поскольку облик сегодняшнего рынка во все большей степени определяется маломощной и недорогой портативной потребительской электроникой, и SoC преобладают в производственных планах полупроводниковых фабрик, можно ожидать, что Intel постарается укрепить свои позиции в пространстве SoC.

Между тем экосистема ARM неуклонно проникает в нишу высоких технологий, в которой до сих пор традиционно доминировала Intel. Эта тенденция наглядно иллюстрируется утверждением Microsoft, что ее новая ОС Windows 8 будет поддерживать SoC. Выросшее на архитектуре x86 господство союза Intel-Microsoft подходит к концу, и флагманская ОС Microsoft теперь будет управлять процессорами SoC в широчайшем спектре мобильных приложений, создаваемых такими партнерами, как Qualcomm и Nvidia. Таким образом, с



расцветом эры SoC наступает стратегический переломный момент, как для Intel, так и для экосистемы ARM.

### Закон Мура в эпоху SoC

ЦП уходят на второй план по отношению к SoC, и полупроводниковая промышленность пересматривает свои приоритеты. Одновременно полупроводниковые технологии приближаются к пределу, когда выигрыш от уменьшения проектных норм становится все более незначительным с точки зрения таких ключевых показателей, как производительность, потребляемая мощность и цена. Приближается еще одна точка перегиба, когда, по словам Гордона Мура, «дальнейшее уменьшение размеров ничего не даст».

В пророческом интервью, данном в 2001 году, Мур утверждал, что точкой перегиба будет период где-то между 2010 и 2020 годами. По мере того, как закон Мура постепенно перестает работать, а SoC переживают расцвет, растущее влияние экосистем будет определять дальнейший путь развития электроники в значительно большей степени, чем традиционный критерий стоимости одного логического вентиля. КМОП технология должна адаптироваться к этой изменяющейся ситуации, так как ей суждено оставаться основой инно-

ваций и в новой эре. Некоторые тенденции уже указывают на приближение к точке перегиба, предсказанной Муром.

## Транзистор, как локомотив технологии

С тех пор, как проектные нормы достигли 90 нм, Intel захватила и не раз не отдавала первенства в создании новых архитектур транзисторов. Порой, целесообразность концентрации усилий Intel на технологических аспектах подвергалась сомнению, но, в конечном счете, оказывалась оправданной в связи с неспособностью полупроводниковой промышленности реализовать альтернативные варианты. Этому способствовали, по крайней мере, три волны инноваций:

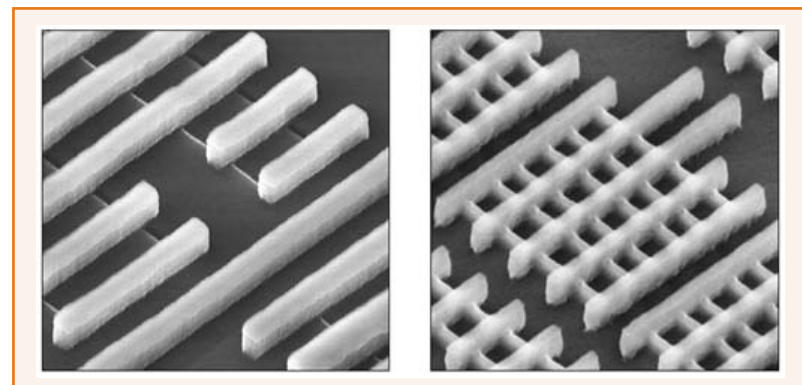
- кремний на изоляторе (IBM) вместо полупроводниковой подложки (Intel) в 1990-х годах,
- подложка из кремния, напряженного по двум осям (IBM) вместо одной (Intel) в начале 2000-х,
- осаждение металлического затвора первым (альянс IBM) вместо осаждения последним (Intel) в конце 2000-х.



Трудоемкость и сложность изготовления транзисторов с металлическим затвором уже

изменили расстановку сил в полупроводниковой отрасли. Крупнейший в мире контрактный производитель микросхем и один из главных конкурентов Intel, тайваньская компания TSMC, начала поставку пластин, изготовленных по этой технологии, только в 2011 году – почти на 4 года позже Intel.

Четвертая волна инноваций принесла в 2010-х годах непланарные трехмерные транзисторы (см. рисунок ниже), которые позволят Intel существенно укрепить свое лидерство в технологии производства особо сложных и совершенных транзисторов.



*Разработанный Intel непланарный трехмерный транзистор (справа) в сравнении с традиционным планарным транзистором (слева).*

Производители полупроводников, которые попытаются подражать Intel, столкнутся с необходимостью огромных капиталовложений в разработку, оснащение производства и обеспечение переносимости проектов. Кроме того, серьезные риски полупроводниковых фабрик связаны с неопределенностью сроков и результатов освоения новой технологии, так как возможность интеграции трехмерных транзисторов в SoC (цифровые/ аналоговые/ пассивные/ радиочастотные компоненты) до сих пор никем не проверялась и остается неизвестной. В тоже время Intel не только обладает достаточной финансовой мощью, чтобы про-

тивостоять этой неопределенности, но и может позволить себе монополюльно устанавливать собственные правила разработки технологий и архитектуры конечных продуктов.

Кремниевым фабрикам, наоборот, необходимо сохранить максимальную гибкость, чтобы иметь возможность оперативно реагировать на самые разнообразные запросы заказчиков и не ограничивать себя узкими рамками проектных норм.

Те компании, которые предпочтут продолжать использование планарной технологии, безусловно, выиграют в затратах времени и финансовых средств, но, пытаясь увеличивать полезную отдачу с каждого ватта потребляемой мощности, неизбежно столкнутся с необходимостью значительных инноваций. Архитектура трехмерных транзисторов и физические ограничения планарных обозначат еще один важный переломный момент в методах масштабирования КМОП микросхем.

### **Экосистема, как локомотив технологии**

Привлекать большие силы и средства для совершенствования транзисторов Intel начала на том этапе компьютерных войн, когда практически единственным критерием оценки процессора была его тактовая частота. Пока Intel была сосредоточена на улучшении характеристик транзисторов, полупроводниковые фабрики занимались адаптацией созданных Intel инноваций к интеграции в собственные SoC. Кроме того, они настойчиво работали над масштабированием транзисторов с металлическим затвором и снижением их цены.

В то время как Intel поставила перед собой задачу ограниченной вертикальной функциональной интеграции, кремниевые фабрики разрабатывали транзисторы, отвечающие

разнообразным запросам множества партнеров, и оптимизировали их под каждый конкретный функциональный блок (ЦП, графический процессор, радио, модем, GPS и т.д.).



Эта гигантская экосистема оказывает сильное стимулирующее воздействие на переход к новой архитектуре транзисторов. Но и без самых современных транзисторов полупроводниковые фабрики в гораздо большей степени подготовлены к вхождению в эру SoC. TSMC объявила о том, что с 2012 года начнет поставки сверх высоко интегрированных SoC изготовителям мобильных систем. Процессоры будут изготавливаться по технологии 28 нм и, скорее всего, станут новым стандартом стои-



мости, потребляемой мощности и возможностей соединения.

Например, процессор Snapdragon компании Qualcomm вполне может стать SoC с самой высокой степенью интеграции, и начнет работать под управлением ОС Windows 8 уже в 2012 г. Если на пространстве процессоров преимущество Intel сегодня бесспорно, экосистема занимает доминирующие позиции на системном уровне и готова завоевывать пространство SoC.

### «Дальнейшее уменьшение размеров ничего не даст»

Геометрическое масштабирование транзисторов с проектными нормами ниже 80 нм наталкивается на трудности, связанные с дифракционными ограничениями традиционной литографии. Для дальнейшего снижения размеров необходимо использовать новые решения, такие как двойное или тройное шаблонирование и множественное структурирование. Методы экспонирования с использованием глубокого ультрафиолетового излучения (EUV) почти десять лет разрабатываются в качестве преемника 193-нм иммерсионной литографии, но остаются очень дорогими, малопроизводительными, и характеризуются низкими показателями окупаемости инвестиций (ROI).

Поскольку полупроводниковые фабрики опережают Intel в развитии техники масштабирования транзисторов с металлическим затвором, им первым удастся преодолеть ограничения иммерсионной литографии, внедрив современные технологии шаблонирования и, в конечном счете, EUV-экспонирования. Но даже тогда совокупная стоимость шаблонирования будет настолько высока, что ожидаемая цена одного вентиля при переходе на 20-

нанометровые проектные нормы не изменится, или даже вырастет.

Маловероятно, что перейти на трехмерные транзисторы и новые технологии шаблонирования кремниевым фабрикам удастся в течение обычного двухлетнего цикла разработки. 28/20-нанометровые нормы будут внедряться и жить очень долго, так как фабрикам придется бороться как с возрастающей ценой и сложностью производства, так и с традиционными проблемами масштабирования. Это будет еще одним переломным моментом в трансформации классического критерия закона Мура «цена/количество вентиляей».

### Цена выполняемой функции

В эпоху SoC на смену критерию «цена/количество вентиляей» приходит «цена/количество выполняемых функций». Размещение на кристалле максимально возможного количества устройств при минимальной цене и потребляемой мощности – вот новый ориентир для разработчиков. Однако с ростом функциональности стремительно увеличивается стоимость разработки.

Создание чипа с проектными нормами 28 нм стоит порядка \$200 млн., в то время как при проектных нормах 45 нм аналогичную схему можно разработать за \$100 млн. Основная часть увеличения цены обусловлена сложностью разработки, однако стоимость масок и встроенного программного обеспечения также возрастают.

Таким образом, архитектура самых дешевых транзисторов, наилучшим образом подходящих для создания сложных функциональных блоков SoC, и будет определять вектор развития электроники в предстоящие годы. И, поскольку сроки разработки новых технологий

постоянно увеличиваются, а время жизни продуктов, сделанных на их основе, сокращается, производители полупроводников будут стремиться извлечь максимум из существующих транзисторных технологий, прежде чем переходить к новым.

Итак, мы наблюдаем приближение смены парадигм. По мере того, как масштабирование будет упираться в стену физических и эконо-

мических ограничений, полупроводниковая индустрия продолжит вложения в инновации в еще больших объемах, чем прежде. Но, скорее всего, эти инновации будут сосредоточены не на масштабировании самой геометрии, а на продлении жизни существующей. ■

*Окончание в следующем номере*

# PocketBook 360° Plus-2012: 5-дюймовый ридер с 800 МГц процессором

Многие помнят первую версию 5-дюймового ридера PocketBook 360°. Данная модель была представлена в 2010 году; она привлекала удобной формой корпуса и наличием акселерометра, который давал возможность читать при любом положении ридера. Аппарат имел два существенных недостатка: отсутствие модуля беспроводной связи и недостаточную скорость работы (устройство было оснащено 400 МГц процессором и 64 Мб оперативной памяти). В 2011 году компания PocketBook учла и исправила недочеты и выпустила обновленную версию этой читалки – PocketBook 360° Plus. Ридер был оборудован одним адаптером беспроводной связи – Wi-Fi, а также более производительным «железом» – процессором с тактовой частотой 533 МГц и 128 Мб оперативной памяти. Также появилась возможность играть в игру Doom II непосредственно на самом гаджете, до этого ни один E-Ink-ридер такого не умел. На этом развитие данной модели электронного ридера не закончилось, в начале 2012 была анонсирована еще более новая версия, которая также носит название PocketBook 360° Plus. В аппарате поменяли только процессор, теперь он работает на частоте 800 МГц.

Начнем с того, что электронный ридер PocketBook 360° Plus можно без затруднений носить даже в маленькой женской сумочке или

же кармане одежды. Этому способствует небольшой вес аппарата (всего 180 г) и компактные размеры – 146 123 13 мм. Корпус ридера сделан из пластика. На его лицевой панели расположен дисплей и аппаратные клавиши управления. Кстати, хрупкий экран предохраняет от повреждений специальная съемная крышка, на которую нанесен узор. На верхнем торце аппарата находится кнопка



включения и слот под карту памяти microSD. Гаджет достаточно неплохо собран – стыки панелей ровные, зазоры между ними минимальные.

PocketBook 360° Plus оснащен 5-дюймовым дисплеем с разрешением 800 на 600 точек, который сделан на основе технологии электронных чернил E-Ink Vizplex третьего поколения. Отображаемая палитра – 16 оттенков серого цвета. Данная технология предотвращает образование бликов на солнце и делает чтение с ридера идентичным чтению обыкновенной бумажной книги. Экран не имеет подсветки, а, следовательно, и мерцание отсутствует, поэтому глаза не напрягаются и не устают. Также следует отметить экономичность E-Ink-дисплеев. Они потребляют энергию только во время смены изображения, то есть статичная картинка может отображаться практически неограниченное количество времени. Емкость встроенного в PocketBook 360° Plus аккумулятора равна 1000 мАч, этого хватит на прочтение 8000 виртуальных страниц.

В PocketBook 360° реализован неплохой набор читаемых файловых форматов: Docx, FB2, «FB2.ZIP», TXT, PDF, DJVU, RTF, HTML, PRC (mobi), CHM, EPUB, DOC и TCR (текст); JPEG, BMP, PNG и TIFF (графика). Для подключения к Интернету аппарат оборудован адаптером беспроводной связи Wi-Fi. В модели имеется встроенный веб-браузер, RSS-клиент и клиент для доступа к интернет-магазину электронных книг BookLand.Net (в котором содержатся до 300 тысяч книг на 59 языках).

Скорость работы PocketBook 360° Plus не вызывает абсолютно никаких нареканий. Модель оборудована 800 МГц процессором Freescale, который сделал скорость открытия файлов на 50% быстрее, чем в предыдущей версии этой модели. Объем оперативной памяти – 128 Мб, а встроенной – 2 Гб (с возможностью расширения картами microSD).

Стоит новая версия PocketBook 360° Plus около 5 тысяч рублей, что неплохо для компактной модели с описанным выше функционалом. ■



# Анатомия цифровых изоляторов

David Krakauer, Analog Devices

*По габаритам, скорости, потребляемой мощности, простоте использования и надежности цифровые изоляторы намного превосходят оптрона*

На протяжении многих лет у разработчиков промышленного, медицинского и иного оборудования, к которому предъявляются повышенные требования по уровню безопасности, выбор решений для гальванической защитной изоляции был минимален, промышленность выпускала только оптрона. Появившиеся в последние годы цифровые изоляторы имеют неоспоримые преимущества в части технических характеристик, габаритов, стоимости, энергетической эффективности и интеграции. Для правильного выбора цифрового изолятора необходимо иметь четкое понимание природы и взаимосвязи трех ключевых элементов: материала изолятора, его структуры и способа передачи данных.

Изоляция цепей нужна разработчикам там, где этого требуют стандарты безопасности, где необходимо уменьшить шумы, создаваемые возвращающимися через «землю» токами, и еще во множестве случаев. Гальваническая изоляция позволяет передавать данные без прямых электрических соединений и без путей утечки токов, которые могут быть потенциальными источниками опасности. Самым простым и экономически эффективным способом реализации гальванической развязки на сегодня являются цифровые изоляторы.

Традиционно используемые в цепях изоляции оптрона крайне несовершенны. Они рассеивают большую мощность, а скорость передачи данных, в типичном случае, не превышает 1 МГц. Более эффективные и быстродействующие оптрона, в принципе, выпускаются, но они весьма дороги.

Первые цифровые изоляторы были выпущены более 10 лет назад как более совершенная альтернатива оптронам. Они изготавливаются на основе КМОП технологии и позволяют значительно увеличить скорости передачи данных и одновременно снизить стоимость изоляции. Характеристики цифровых изоляторов определяются тремя элементами, о которых шла речь чуть выше. Балансом этих элементов практически всегда можно достичь оптимального решения поставленной задачи. Изоляционный материал выбирается в соответствии с предписаниями стандартов безопасности. Структура и метод передачи данных должны отвечать целям проекта. Компромисс недопустим лишь в части, затрагивающей технику безопасности.

## Материал изоляции

Цифровые изоляторы изготавливаются на основе типовых технологических процессов КМОП, в которых используются только стан-

**Таблица 1.** Наилучшими свойствами обладают изоляторы на полимерной/полиимидной основе

Обозначение	Оптоизолятор на полимерной основе	Цифровой изолятор на основе полиимида	Цифровой изолятор на основе SiO <sub>2</sub>
Напряжение изоляции (1 мин)	7.5 кВ с.к.з.	5 кВ с.к.з.	5 кВ с.к.з.
Срок службы при рабочем напряжении 400 В с.к.з.	25 лет	50 лет	25 лет
Допустимые броски напряжения при усиленной изоляции	20 кВ	12 кВ	7 кВ
Изоляционный промежуток	400 мкм	14 ... 26 мкм	7 ... 15 мкм

дартные материалы. Специальные материалы усложняют производство, делают его нетехнологичным, а конечный продукт – дорогим. В качестве изолирующих материалов обычно применяются либо полимеры, такие как полиимид, который можно наносить в виде тонкой пленки, либо диоксид кремния (SiO<sub>2</sub>). Изолирующие свойства обоих хорошо изучены, оба материала используются в производстве полупроводников на протяжении многих лет. С использованием полимеров изготавливались многие оптроны, именно полимеры сделали их высоковольтными изоляторами.

В стандартах безопасности обычно прописаны требования по напряжению изоляции (типовые значения от 2.5 до 5 кВ с.к.з. в течение 1 мин) и рабочему напряжению (типовые значения от 125 до 400 В с.к.з в течение 1 мин). Для специальной усиленной изоляции некоторые стандарты требуют устойчивости к более высоким напряжениям при меньшем времени воздействия (например, 10 кВ в течение 50 мкс). Как можно заключить, посмотрев на Таблицу 1, наилучшими изолирующими свойствами обладают материалы на полимерной/полиимидной основе.

Характеристики цифровых изоляторов на полиимидной основе близки к характеристикам оптронов. Изоляторы на основе SiO<sub>2</sub> име-

ют более слабую защиту от бросков напряжения, что исключает их применение, например, в медицинской аппаратуре.

Величина внутреннего напряжения полимеров также различна. У полиимида оно меньше, чем у SiO<sub>2</sub>, что позволяет, при необходимости, наращивать толщину материала. Толщина SiO<sub>2</sub> и, соответственно, изолирующая способность, ограничены пределом 15 мкм. Превышение этого предела может привести к появлению трещин в кремниевой пластине, или к отслоению изолятора в процессе эксплуатации. Толщина полиимидной пленки может достигать 26 мкм.

### Структура изолятора

В цифровых изоляторах для передачи данных через изолирующий барьер используется магнитная или емкостная связь, аналогично тому, как в оптронах используется свет.

Импульс тока катушки трансформатора создает слабое локализованное магнитное поле, индуцирующее ток в другой катушке (Рисунок 1). Импульсы тока очень коротки, обычно порядка 1 нс, поэтому средний ток невелик.

В силу своей дифференциальной природы, трансформаторы исключительно устойчи-

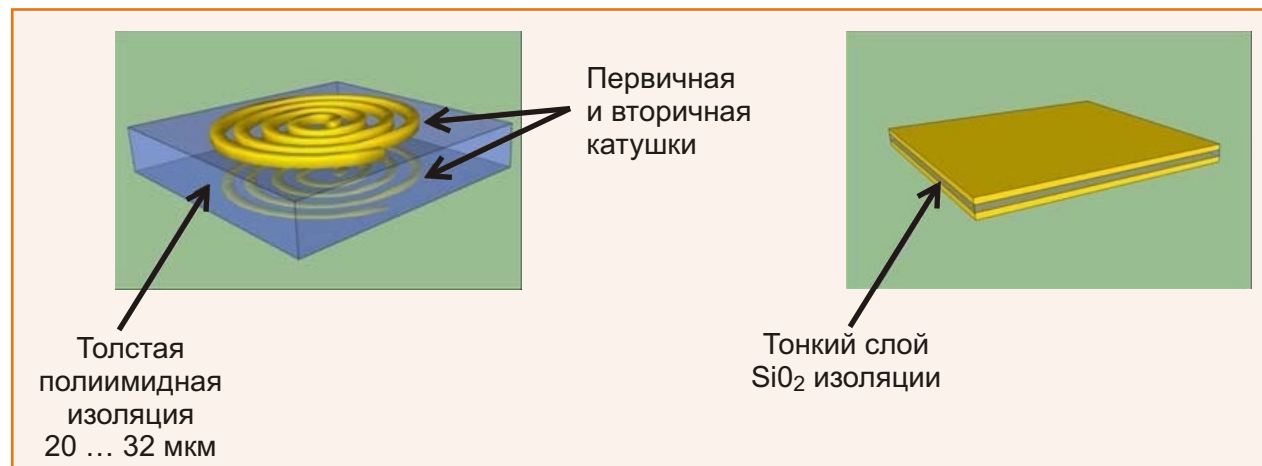
вы к синфазным помехам со скоростью нарастания до 100 кВ/мкс. (Для оптрона эта величина, в типичном случае, имеет порядок 15 кВ/мкс). Кроме того, магнитная связь слабее зависит от расстояния между катушками трансформатора, чем емкостная связь от расстояния между обкладками конденсатора. Это позволяет увеличивать толщину изоляции в трансформаторах, улучшая, соответственно, их изолирующие свойства. С учетом низкого уровня внутренних напряжений и высоким качеством полиимидной изоляции, трансформаторы выглядят существенно привлекательнее, чем конденсаторы с диэлектриком из двуокиси кремния.

Несимметричный вход конденсатора к синфазным помехам намного восприимчивее. Устранить этот недостаток можно использованием дифференциальной пары конденсаторов, но следствием такого решения будет увеличение размеров изолятора и его стоимости.

Главное преимущество конденсаторов в малом токе, необходимом для создания электрического поля, достаточного для надежной связи. Это становится особенно заметным на частотах свыше 25 МГц.

### Способы передачи данных

Для передачи информации через изолирующий барьер в оптронах используется световой поток светодиода, попеременно переключаемого в состояния «лог. 0» и «лог. 1». Вклю-

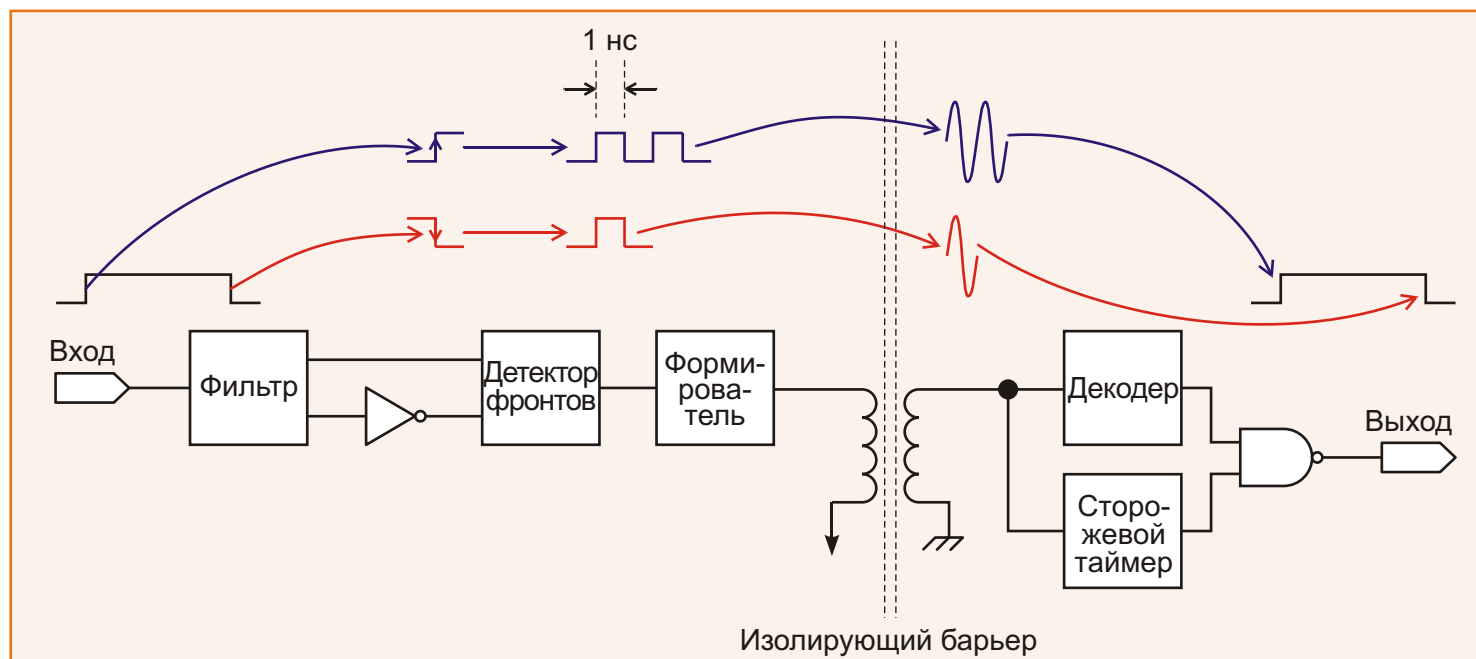


**Рисунок 1.** В трансформаторе с толстой полиимидной изоляцией магнитное поле, создаваемое в первичной катушке, индуцирует ток во вторичной катушке (слева); в конденсаторе с тонким изолятором из двуокиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ) для связи между обкладками используются слабые электрические поля (справа).

ченный светодиод потребляет значительный ток, поэтому для приложений, критичных к уровню расходуемой мощности, оптрон будет самым плохим выбором. Разработчику, использующему оптоизоляторы, вопросы формирования входных и/или выходных сигналов чаще всего приходится решать самостоятельно, что не всегда достигается простыми средствами.

В цифровых изоляторах для кодирования и декодирования данных используются более сложные схемы, позволяющие увеличить скорость передачи и обеспечить возможность работы с такими сложными двунаправленными интерфейсами, как USB и I<sup>2</sup>C.

Один из способов кодирования положительных и отрицательных фронтов заключается в формировании парных или одиночных импульсов (Рисунок 2). На вторичной стороне эти импульсы восстанавливаются декодером обратно в перепады сигнала. Такой метод, в сравнении с оптронами, дает выигрыш в потребляемой мощности от 10 до 100 раз, поскольку ток протекает через изолятор толь-



**Рисунок 2.** Один из способов передачи данных: фронты кодируются одиночными или двойными импульсами.

ко в моменты смены входных логических уровней. Для регулярного восстановления уровня постоянной составляющей могут использоваться дополнительные схемы регенерации.

Еще один метод основан на модуляции высокочастотных сигналов, во многом подобной модуляции света в оптоизоляторах: на время присутствия на входе изолятора уровня «лог. 1» включается генератор высокой частоты. Потребляемая мощность при высокочастотном кодировании намного выше, чем при импульсном, так как в состоянии «лог. 1» ток потребляется постоянно.

Для снижения влияния синфазных помех применяются различные схемные решения, однако лучше всего использовать готовые дифференциальные элементы, такие как трансформаторы.

## Выбор правильного сочетания элементов

По сравнению с оптронами, цифровые изоляторы значительно меньше, быстрее, экономичнее, надежнее и проще в использовании. Комбинируя различные изолирующие материалы, архитектурные решения и методы передачи данных, можно создавать цифровые изоляторы, более или менее подходящие для каждого конкретного устройства. Как отмечалось выше, самая надежная изоляция обеспечивается полимерными материалами. Эти материалы можно использовать практически во всех приложениях, но в наибольшей степени их преимущество проявляется там, где требования к изоляции особенно строги: в здравоохранении и тяжелом промышленном оборудовании. Для повышения надежности изоляции толщину полиимидной пленки можно увеличивать в более широких пределах,

чем оксидную изоляцию конденсаторов. По этой причине изоляторы на конденсаторной основе предпочтительно использовать там, где изоляция не служит средством обеспечения безопасности. В большинстве случаев имеет смысл использовать изоляцию на

трансформаторной основе, в особенности в комбинации с дифференциальной передачей данных, позволяющей использовать преимущества симметричной структуры трансформаторов. ■

# Турбины для оффшорных ветропарков: новые подходы к транспортной логистике

## Часть 1

James Lawson

RenewableEnergyWorld.com

*Транспортная система шельфовой ветроэнергетики упорно работает над внедрением новых логистических технологий, чтобы сделать доставку ветряных турбин на побережье европейских стран безопасной, быстрой и дешевой, насколько возможно*

Ветряные турбины становятся все более громоздкими. Стандартные методы транспортировки не подходят для их массивных мачт, гондол и длинных хрупких лопастей. С технической точки зрения переместить из точки А в точку Б можно все что угодно, но тогда на транспорт придется значительная часть общих расходов. Необходимость снижения общей стоимости энергии ветра вынуждает с еще большей серьезностью относиться к учету таких факторов, как место постройки турбин, возможность их перевозки тем или иным видом транспорта, расположение портов и мест развертывания.

Огромные размеры турбин последнего поколения мощностью 6 – 7 МВт лишь усугубляют проблему. Чтобы решить ее, производители и проектировщики совершенствуют испытанные технологии и разрабатывают новое оборудование, методы и процессы.

Турбины можно перевозить по частям – отдельно лопасти, ступицу ротора, гондолу, мачту и генератор, сводя к минимуму вес каждого транспортируемого предмета. Лопасти –



*Транспортные контейнеры для лопастей турбин, изготавливаемых фирмой Vestas*

самый проблемный компонент, и технология их транспортировки является неотъемлемой частью процесса проектирования. Необходимо предусматривать места строповки и способы крепления, противодействующие перемещению лопастей из горизонтальной плоскости в вертикальную, или воздействию нагрузок, испытываемых при максимальном крене корабля во время шторма. Транспортные контейнеры, приспособления и адаптеры, специфические для каждой модели, также должны выдерживать эти нагрузки, не допуская повреждения лопастей.

В сфере дорожных перевозок изготовители турбин на протяжении длительного времени работали в тесном контакте с производителями специального автотранспорта, чтобы быть уверенными, что для перевозки последних моделей их турбин найдется подходящий автоприцеп. Компоненты мачты могут перевозиться на специальных колесных тележках, прикрепленные к ним с обоих концов. Обычно эти тележки изготавливаются под конкретный тип мачты, однако технология телескопических адаптеров французской компании Nicolas



*Новый адаптер фирмы Nicolas для транспортировки мачт ветрогенераторов*

позволяет транспортировать как башни, так и гондолы, меняя при этом лишь держатели.

«Все башни отличаются друг от друга», – говорит Дэвид Коллет (David Collett), управляющий директор компании Collett and Sons. – «Первые трейлеры, которые мы приобрели, устарели после двух-трех лет, после чего мы стали инвестировать в это дело миллионы».

Для перевозки лопастей требуются трейлеры с поворотными осями, помогающими им справляться с крутыми поворотами. Коллет предоставляет услуги службы «swept path» на базе географической информационной системы, точно анализирующей маршрут, по которому будут перевозиться части турбины. Это означает, что разработчик будет знать, какие элементы обустройства дороги придется



*Специальный трейлер фирмы Scheuerle обхватывает основание лопасти и, используя гидравлический привод, может поднимать ее на 23°*

убрать, а также иметь сведения об участках, где большие компоненты турбины не пройдут ни при каких обстоятельствах. «Чем больше лопасть, тем больше проблем» – говорит Коллет, – «Не все программы работают так хорошо. Наш конек – находить проездные пути и

дороги, проложенные в «неправильных» местах».

Работа над решением сложных проблем, таких, как перевозка по серпантинам Альпийских гор, порождает самые изощренные решения. Специальный адаптер для крепления лопастей, устанавливаемый фирмой Scheuerle на трейлер, обхватывает основание лопасти и, используя гидропривод, может поднимать ее на 23°, опускать и поворачивать влево или вправо. Это означает, что лопасть может «плыть» над окружающими стенами, деревьями, зданиями и прочими препятствиями. Помимо этого, адаптер может поворачивать лопасть вокруг продольной оси, уменьшая ветровую нагрузку.



*На горной дороге в швейцарских Альпах поворот радиусом всего 15 м трейлер фирмы Scheuerle преодолел за 3 минуты*

В Америке компания Vestas использует специальные железнодорожные вагоны для перевозки своих лопастей (включая 55 метровые лопасти для турбин V112) от завода, находящегося в Виндзоре, штат Колорадо, до ближайшего порта в Хьюстоне. С основанием лопасти, закрепленным на одном вагоне, и другим концом, свободно нависающим над

другим вагоном, такой состав может безопасно преодолевать все изгибы и повороты на железнодорожной линии. (См. РЛ 2011, 07, стр.28)

Тенденция к увеличению диаметров роторов мощных турбин последнего поколения бросает вызов, как логистике, так и самому процессу разработки турбин. В соответствии с правилом «квадрата-куба», энергоотдача возрастает пропорционально квадрату диаметра ротора, но вес увеличивается пропорционально кубу. Хотя производители и применяют новые материалы и подходы при проектировании конструкций с тем, чтобы ограничить увеличение высоты и массы мачты, узлы новых турбин, как правило, больше и тяжелее, и испытывают большие изгибающие моменты и нагрузки.

На данный момент самые большие, из введенных в эксплуатацию на морском шельфе – турбины серии REpower 5/6M с диаметром винта 126 метров. А разрабатываются еще более крупные. Например, ротор турбины N150/6000 фирмы Nordex будет иметь диаметр 150 метров, тогда как у 7-MW V164 компании Vestas длина лопасти будет 80 метров. По диаметру ротора обе турбины превосходят лондонское колесо обозрения London Eye, диаметр которого 135 метров.

Для организации перевозки по дорогам турбины 7.5-MW E-126 с 63-метровыми лопастями Enercon придумала простое решение. Они просто собирают их из двух частей. «Никакая другая часть не имеет такой длины, как лопасти E-82», – говорит Анри Жуппье (Henri Jorppier), глава британского отдела продаж фирмы Enercon. – «Гондолы мы поставляем по частям, и они без затруднений устанавливаются на месте эксплуатации. В конце концов, в этом суть проекта».





*Enercon – единственная фирма в мире, собирающая лопасти своих турбин из двух частей*

Enercon – единственная фирма, использующая такой подход, но возможности даже самых совершенных трейлеров имеют свои пределы, когда дело доходит до транспортировки цельных лопастей. «Лопастей последних 6-мегаваттных турбин перевезти по дороге практически нереально», – говорит Коллетт.

Поэтому, при наличии глубоководного морского порта, приближение производства турбин непосредственно к месту их погрузки, может значительно уменьшить сложность и стоимость логистики. В идеале производители турбин и опор грузили бы оборудование прямо со своих фабрик на борт корабля, но еще привлекательнее выглядит развертывание производства вблизи строящихся ветряных ферм. Сегодня морские перевозки освобождены от углеродного налога, и хотя стоимость перевозки росла до 2008 года, с тех пор она стабилизировалась. Если же когда-нибудь какой-то из этих факторов претерпит

существенные изменения, перспектива размещения производства в непосредственной близости к месту установки станет еще привлекательнее.

«Мы пытаемся снижать стоимость электроэнергии, вырабатываемой шельфовыми ветряками, поэтому выбору места производства различных компонентов мы должны уделять первостепенное внимание», – говорит Роб Совен (Rob Sauven), управляющий директор Vestas Technology UK. – «Дело должно быть организовано так, чтобы перевозки 80 метровых лопастей свести к минимуму. После каждой перевозки ее стоимость возрастает».

Завод фирмы REpower в Бремерхафене имеет идеальное расположение относительно шельфовой электростанции RWE Nordsee Ost. Благодаря находящемуся буквально за углом завода контейнерному порту, турбинам 48 6М нужно преодолеть очень короткое расстояние.

Планируемые к строительству в Великобритании заводы Siemens в Хале и Vestas в



*Новое судно для монтажа турбин на глубоководных участках моря со значительно увеличенной свободной площадью палубы может использоваться при реализации самых различных проектов*

Ширнесе позволят организовать рентабельное производство ветрогенераторов вблизи места их эксплуатации. Оба завода будут иметь прекрасный выход к восточному побережью Великобритании, где в течение ближайших лет должны быть установлены сотни турбин.

Ширнесс подходит по многим причинам. Одна из них – удобный доступ к морским докам и огромная разгрузочная площадка поблизости размером с 70 футбольных полей. Здесь планируется развернуть производство лопас-

тей и сборку гондол V164, хотя не все вопросы еще решены во взаимоотношениях с субподрядчиками.

«По логике, все необходимо возводить непосредственно у причала», – говорит Андерс Со-Джессен (Anders Sørensen), президент Vestas Offshore. – «Изготовление компонентов – не проблема, но с их перемещением дела обстоят сложнее, поэтому желательно организовать производство в порту, откуда все это потом будет удобно вывозить». ■

*Окончание в следующем номере*

## ОКО Архив АВТО GPS/GSM

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

## ОКО Мобайл 3G

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

## ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ "ОКО АРХИВ"

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

### ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet  
сменный жесткий диск

### ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet  
встроенный жесткий диск

### ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

# ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



"Децима"

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

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

# AX8052F100 – ультра маломощный микроконтроллер для радиочастотных приложений

Образованная в 2000 году небольшая швейцарская fabless компания AXSEM специализируется в области разработки радиочастотных микросхем ISM диапазона ниже 1 ГГц и микроконтроллеров семейства 8052. Сегодня портфель изделий компании трудно назвать пухлым. В нем 5 микроконтроллеров, один драйвер ЖКИ и 7 радиочастотных чипов. Все микросхемы выпускаются по одинаковой технологии КМОП, но каждая обяза-

тельно содержит какую-нибудь «изюминку», выделяющую ее среди аналогичных изделий других производителей.

В этой статье представлена одна из последних разработок компании – микроконтроллер AX8052F100. Микроконтроллеры AXSEM считаются самыми энергоэкономичными в отрасли среди приборов с архитектурой 8052.

## Ключевые особенности

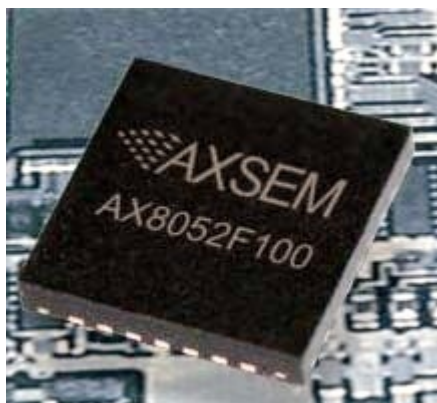
- 64 КБайт Flash и 8.25 КБайт SRAM
- ЦП с ультра низким потреблением мощности и гибкой системой синхронизации
- Контроллер ПДП
- Движок AES с собственным контроллером ПДП и генератором истинно случайных чисел
- Радио интерфейс с прямым отображением на адресное пространство
- Усовершенствованная графическая интегрированная среда разработки

- Аппаратный отладчик
  - Неограниченное количество точек останова
  - Отдельный UART для интерфейса отладки

## Выдержки из справочных данных

- Напряжение питания 1.8 ... 3.6 В
- Ток потребления в режиме глубокого сна 150 нА
- Ток потребления в активном режиме 150 мкА/МГц

- Ток потребления в режиме сна:
  - при 256 битах активной RAM и пробуждении по изменению состояния вывода – 600 нА
  - при 256 битах активной RAM и пробуждении по таймеру выхода из спящего режима – 800 нА
  - при 4.25 КБ активной RAM и пробуждении по таймеру выхода из спящего режима – 1.2 мкА
  - при 8.25 КБ активной RAM и пробуждении по таймеру выхода из спящего режима – 1.6 мкА



## Описание

### Ультра маломощный микроконтроллер

AX8052F100 – микроконтроллер со ультра низким потреблением мощности, оптимизированный для использования в приложениях с батарейным питанием совместно радиочастотными микросхемами. AX8052F100 отличается мощным набором периферийных блоков, малыми габаритами, удобным интерфейсом с радиочастотными микросхемами гибкостью настроек и ультра низкой рассеиваемой мощностью.

## Процессорное ядро AX8052

Ядро микроконтроллера AX8052F100 имеет стандартный набор инструкций 8052. Частота синхронизации программируется в диапазоне от нуля до 20 МГц. При выполнении однократных инструкций быстродействие ядра равно 20 MIPS. Объем флеш памяти 64 КБ позволяет писать программы на языке C. Полностью ассоциативный кеш и контроллер упреждающей выборки минимизируют влияние задержки флеш памяти.

AX8052F100 создан специально для приложений с ультранизким потреблением мощности. Четыре источника тактовой частоты с возможностью переключения «на лету» позволяют гибко адаптироваться к изменяющимся условиям работы. Ядро потребляет 150 мкА/МГц в активном режиме и 800 нА в спящем при активном таймере пробуждения.

## Мощная периферия

AX8052F100 имеет два канала ПДП для обмена данными между XRAM и любым периферийным блоком кристалла. Специализированный криптодвижок AES с собственным контроллером ПДП предназначен для шифрования данных. В перечень периферийных устройств входят также три универсальных таймера, способных генерировать сигналы ШИМ, а в специальном режиме сигма-дельта превращающихся в ЦАП. Кроме того, таймеры могут служить бод-генераторами для двух UART. Помимо этого, схема содержит master/slave интерфейс SPI, АЦП со скоростью 500 тыс. выборок в секунду и аналоговые компараторы.

## Простой доступ к радиочастотным микросхемам

В AX8052F100 предусмотрен специализированный интерфейс ведущего шины SPI, который может использоваться для обмена с радио микросхемой. Интерфейс отображает регистры радио чипа непосредственно на адресное пространство микроконтроллера.

## Полный набор инструментов, увеличивающий производительность

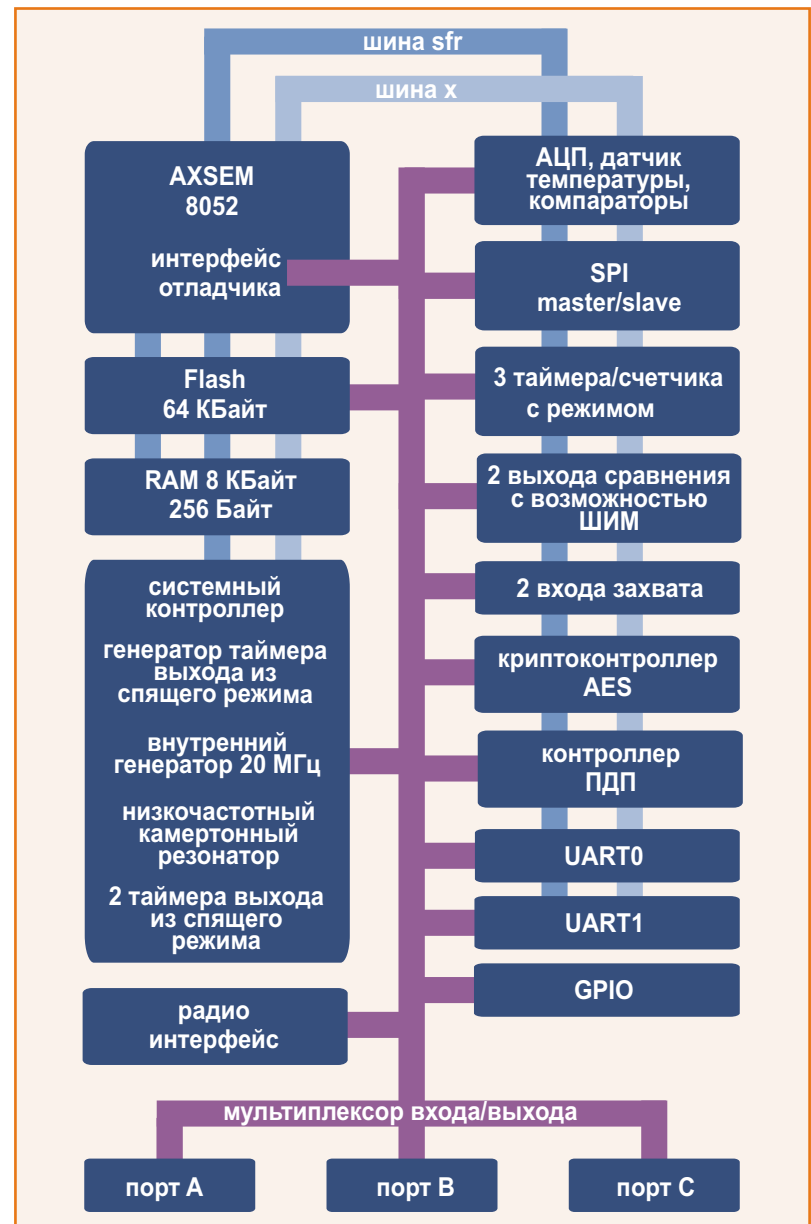
Модуль аппаратного отладчика делает отладку намного более удобной и легкой, чем в других микроконтроллерах семейства 8052. Для обмена данными с управляющим компьютером модуль использует 3-проводный интерфейс. Допускается неограниченное количество точек останова и работа с выделенным UART для отладки через интерфейс DebugLink. AX8052F100 поддерживается комплектом разработки DVK-2 компании AXSEM.

Набор средств разработчика AXSEM основан на графической оболочке AX8052-IDE с окнами отображения регистров, точек останова, времени и интерфейса. Для обмена с отладчиком оболочка использует набор символических строчных команд AXSDB, позволяющих полностью описывать сценарии отладки и автоматизировать выполнение заданий.

## Важнейшие характеристики микроконтроллера AX8052F100

### Процессорное ядро AX8052

- Стандартный набор инструкций 8052
- Высокопроизводительное ядро; большинство инструкций выполняется за один такт на байт команды
- Быстродействие 20 MIPS



Функциональная схема микроконтроллера AX8052F100

- Двойной регистр указателя данных (DPTR) для высокоскоростного копирования памяти
- 22 вектора прерываний

### Отладчик

- 3-выводной интерфейс отладчика (один вывод специализированный, два совмещены с выводами портов общего назначения)

- Аппаратный отладчик с точками останова и поддержкой пошагового режима
- Программируемый пользователем 64-битный ключ для предотвращения отладки неавторизованным персоналом
- Интерфейс DebugLink позволяет выполнять отладку в стиле «printf» без использования выводов UART или GPIO

## Память

- 64 КБайт FLASH
- 8.25 КБайт RAM
- Высокоэффективный мультиплексор памяти

## Синхронизация

- 4 источника
  - Внутренний RC генератор 20 МГц
  - Ультра маломощный RC генератор 10 кГц/640 Гц
  - Высокочастотный кварцевый резонатор
  - Маломощный камертонный кварцевый резонатор
- Полностью автоматическая калибровка внутреннего RC генератора по опорной частоте
- Монитор синхронизации способен обнаруживать сбои тактовых импульсов и автоматически подключать внутренний RC генератор
- Сторожевой таймер

## Режимы питания

- Режимы ожидания, сна и глубокого сна обеспечиваются сверхнизким потреблением мощности в неактивном состоянии

- Встроенная схема сброса по включению питания и детектор пониженного напряжения
- Полная работоспособность в диапазоне напряжений питания 1.8 ... 3.6 В

## 16-разрядный таймер выхода из спящего режима

- 2 регистра-счетчика
- 4 регистра флагов событий позволяют гибко управлять условиями «пробуждения»

## Входы/выходы общего назначения (GPIO)

- 24 вывода GPIO
- Входы PB0-PB7, PC0-PC3 и PR0-PR5 толерантны к сигналам уровня 5 В
- Все выводы GPIO имеют индивидуально устанавливаемые подтягивающие резисторы и могут служить источниками прерываний по изменению состояния выводов
- Гибкое переназначение выводов GPIO

## Три 16-разрядных таймера общего назначения

- Режимы генерации пилообразных и треугольных импульсов
- Режим сигма-дельта превращает таймер в ЦАП
- Двойная буферизация регистра PERIOD позволяет контролировать изменения частоты
- Буферизация старших байтов для одновременного доступа к 16-разрядным данным
- Гибкий выбор внутренних или внешних источников синхронизации
- Предделитель

## Два 16-разрядных модуля сравнения

- Совместно с таймером общего назначения используется для генерации сигналов ШИМ
- Возможность объединения в один 32-разрядный регистр

## Два 16-разрядных модуля захвата

- Совместно с таймером общего назначения используются для фиксации внешних или внутренних событий

## 2 канала UART

- Длина слова 5...9 бит, 1 или 2 стоповых бита
- Один из таймеров общего назначения используется в качестве бод-генератора

## Специализированный Radio Master SPI интерфейс

- Совместимость с радиочастотными схемами AXSEM и иной периферией
- Эффективный доступ к центральному процессору

## Master/slave SPI

- Поддержка 3- или 4-проводных вариантов

## АЦП

- 10 разрядов, 500 квыб/с
- Количество каналов до 8
- Несимметричные или дифференциальные входы
- Программируемое усиление входного буфера: 0.1, 1 и 10
- Внутренний источник опорного напряжения 1 В

- Гибко программируемое расписание преобразований
- Встроенный датчик температуры

## Аналоговые компараторы

- Внутренний или внешний источник опорного напряжения
- Выходной сигнал может направляться на внешний вывод, считываться программно или использоваться для синхронизации захвата внешнего сигнала

## Специализированный интерфейс с микросхемами приемопередатчиков AXSEM

- Упрощенный доступ к регистрам приемопередатчика благодаря отображению на адресное пространство
- Возможность использования кварцевого резонатора приемопередатчика для синхронизации микроконтроллера

## Контроллер прямого доступа к памяти (ПДП)

- Два независимых канала ПДП
- Поддержка обмена данными между X-RAM и почти всеми периферийными блоками микросхемы
- Циклический и с захватом циклов арбитраж памяти снижают нагрузку на ядро AX8052 до минимума
- Гибкая система прерываний

## AES

- Специализированный AES криптоконтроллер
- Специализированный контроллер прямого доступа к памяти криптоконтроллера
- Мультимегабитная скорость передачи данных



- Поддержка международных стандартов шифрования AES-128, AES-192 и AES-256
- Программируемое количество раундов и программная генерация списка ключей позволяют увеличивать длину ключа шифрования для приложений повышенной секретности
- Режимы шифрования ECB, CFB и OFB

#### Генератор случайных чисел

- Генератор случайных криптографических ключей

**Миниатюрный 28-выводной корпус размером 5 × 5 мм**

#### Применение

Сверхмаломощные устройства с батарейным питанием:

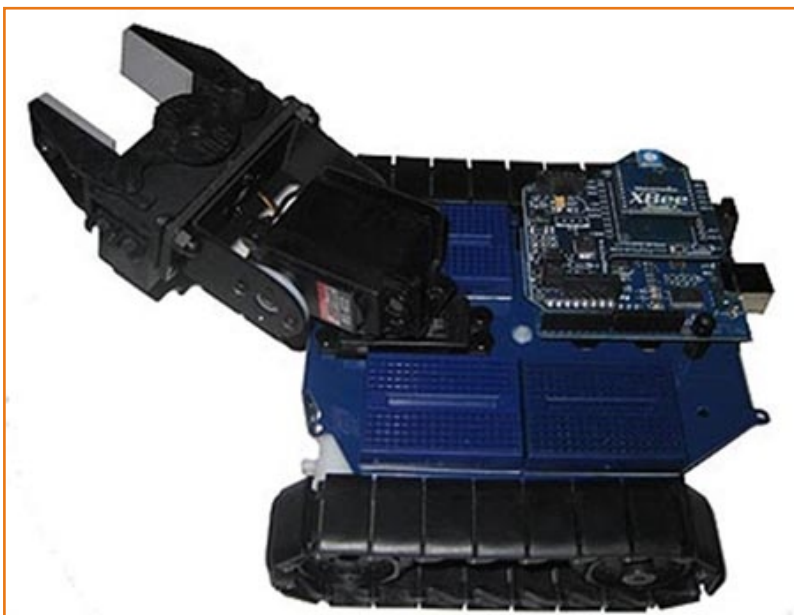
- Автоматические считыватели показаний
- Устройства дистанционного доступа
- Домашняя автоматика
- Беспроводные сети
- Беспроводное аудио
- Телеметрия ■

# Сетевые возможности Arduino-приложений и систем

Lee Goldberg

Electronic Products

Добавление сетевых коммуникационных возможностей к открытой аппаратно-программной платформе Arduino реализуется просто и относительно дешево, но благодаря им открывается мир новых приложений, как для любителей, так и для инженеров и коммерческих разработчиков (Рисунок 1). Из предлагаемой ознакомительной статьи вы узнаете, как добавить Ethernet, Wi-Fi или интерфейс стандарта 802.15 в систему на базе Arduino.



**Рисунок 1.** Робот-игрушка RobotShop Rover под управлением Arduino, который программируется и получает команды от ПК по интерфейсу USB. Модуль приемопередатчика XBee 2.4 ГГц может использоваться для удаленного управления и получения данных от робота.

Если вы еще не знакомы с Arduino, обратитесь внимание на ссылки в конце статьи.

На самом деле, практически каждое устройство Arduino имеет какие-то коммуникационные возможности. На самом базовом уровне платформа должна предоставлять некоторые средства для разработки и загрузки кода приложения с использованием персонального компьютера, а также должна обеспечиваться поддержка отладки и трассировки. Многие платы Arduino (такие как Uno, Mega2560) имеют интегрированный порт USB, используемый и в качестве канала связи, и в качестве мало-мощного источника питания. В некоторых специализированных платах такая роскошь как соединение по USB отсутствует, и в них используется возможность связи по последовательному интерфейсу RS-232 (или эквивалентному), что позволяет использовать для обмена с ними практически любое устройство с последовательным портом.

В платформе Arduino предусмотрены возможности последовательного обмена с другими микросхемами (расположенными на основной плате, или на отдельных модулях) посредством интерфейсов SPI, I2C или TWI. Во многих случаях это реализуется на основе ресурсов платы или небольших адаптеров.

Для многих современных приложений требуется наличие возможности сетевого обмена, посредством которого можно осуществлять локальный обмен данными с другими платформами Arduino или через Интернет. Шина CAN или интерфейс I2C часто используются для проводного M2M соединения (Machine-to-Machine – M2M – общее название технологий, позволяющих машинам обмениваться информацией друг с другом, или же передавать ее в одностороннем порядке), в то время как радиочастотный 802.15-совместимый интерфейс (2.4 ГГц) очень популярен для беспроводной передачи данных. Если для Вашего проекта требуется связь с «внешним миром», есть целый ряд аппаратных модулей расширения Arduino, которые могут предоставить Ethernet, Wi-Fi или CDPD/GSM связь.

### **Аппаратные средства – базовые понятия**

Хотя процессорные платы Arduino отличаются друг от друга форм-факторами и возможностями, все они отвечают набору требований к аппаратной платформе с открытым исходным кодом, что делает их частично или полностью совместимыми между собой. К примеру, во многих платах Arduino используется одинаковое распределение сигналов по контактам разъемов, предоставляющих доступ к шине микроконтроллера и линиям ввода/вывода, что упрощает подключение плат расширения Ethernet, ZigBee или иных сетевых плат расширения.

В соответствии с этой философией, среда разработки Arduino была разработана для поддержки широкого спектра целевых плат с различными микроконтроллерами, различными компонентами ввода/вывода, различными тактовыми частотами и загрузчиками. Изна-

чально разработанная для поддержки микроконтроллеров AVR серии ATmega компании Atmel (микроконтроллеров с загрузчиком Arduino Uno), с недавних пор среда разработки поддерживает варианты плат Uno и Mega на базе 32-разрядных микроконтроллеров Microchip серии PIC32MX.

### **Программные средства – базовые понятия**

Программный комплекс Arduino состоит из интегрированной среды разработки и соответствующих программных библиотек. Приложения (скетчи) пишутся на языке Processing, который, фактически, является надстройкой над Java. Приложения перед компиляцией предварительно обрабатываются для определения аппаратно-зависимых аспектов целевой платы (или любых плат расширения, которые они использует).

Характеристики каждой платы определены в файле с именем boards.txt с использованием нескольких переменных с соответствующим префиксом. Плата описывается последовательностью переменных с именем самого параметра, типа BOARD.name, BOARD.build.cpu (например, "ATmega328" или "ATmega1280") и BOARD.build.core, которые содержат необходимые данные необходимые для компилятора и приложения.

Процесс компиляции собирает все базовые и пользовательские библиотеки, используемые приложением, включая библиотеку поддержки последовательного интерфейса, которая служит для обмена данными между платой Arduino и ПК или другим микроконтроллером, эмулируя 9-контактный последовательный порт, который часто встречается в компьютерах. Сопутствующая библиотека сетевых функций позволит плате Arduino нала-

дить обмен данными через Интернет, а также организовать функции клиент/сервер.

Набор базовых библиотек также включает в себя поддержку специфических сетевых интерфейсов, включая USB, SPI, TWI/I2C и Ethernet. Дополнительные, отдельно поставляемые библиотеки, могут использоваться для реализации Web-интерфейса, а также для поддержки других проводных и беспроводных протоколов.

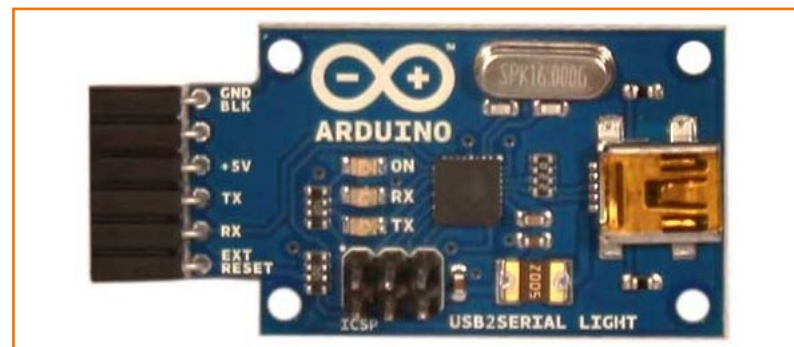
## Сетевые технологии, доступные на платформе Arduino

Рассмотрим примеры сетевых технологий, имеющих в экосистеме Arduino. Эти примеры, как правило, касаются «официальных» решений, предлагаемых сообществом Arduino, однако сейчас существует множество аналогичных коммерческих и некоммерческих вариантов, доступных от различных производителей и групп пользователей.

### USB

Многие платы Arduino уже содержат в себе интерфейс USB, но некоторые, в компактном форм-факторе или бюджетные варианты, его не имеют. Самый простой способ добавить USB к таким платам – использование дополнительного адаптера USB Serial Light adapter (Рисунок 2), выполняющего функцию моста USB-UART (преобразует сигналы Rx и Tx последовательного порта микроконтроллера в сигналы интерфейса USB).

В адаптере используется микроконтроллер ATmega8U2, запрограммированный для выполнения функций конвертера USB-UART. Так как ПО микроконтроллера использует стандартные драйверы USB COM, установка внешних драйверов не потребуется. Кроме того, пользователи могут самостоятельно изгото-

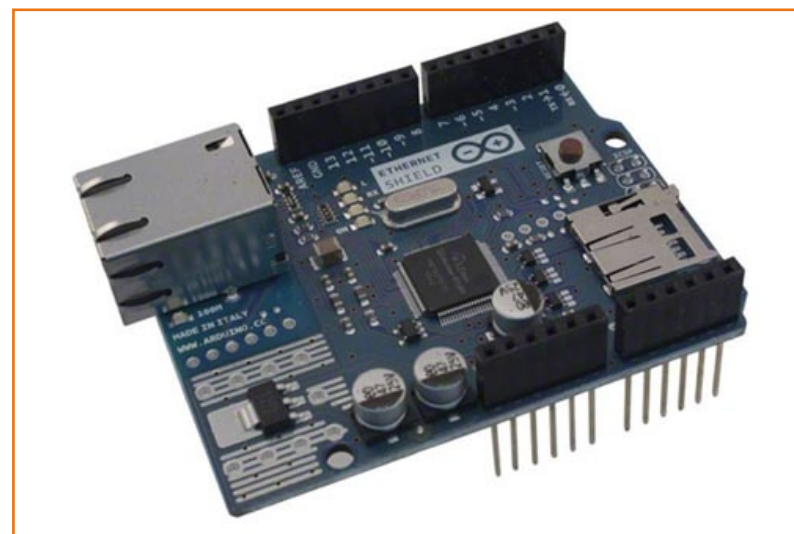


*Рисунок 2. Адаптер Arduino USB Light adapter может использоваться для реализации USB интерфейса на платах Arduino.*

вить такой адаптер, как на микроконтроллере ATmega8U2, так и на специализированной микросхеме FT232RL производства компании Future Technology.

### Ethernet

Платы Arduino Uno и Mega, а также многие их производные, позволяют использовать стандартную плату расширения Ethernet Shield (Рисунок 3), построенную на базе 10/100 Ethernet контроллера Wiznet W5100. Плата также имеет установленный слот для карт памяти microSD, которая может использовать-



*Рисунок 3. Плата расширения Arduino Ethernet Shield, поддерживающая 10/100 Мбит/с Ethernet, может работать совместно с модулем PoE.*

ся для хранения файлов, доступ к которым возможен через сеть. Arduino «общается» с контроллером Ethernet и картой памяти по интерфейсу SPI (посредством разъема ICSP). Питание плата может получать по сетевому Ethernet кабелю (технология Power-over-Ethernet), но для этого требуется специальный модуль DC/DC преобразователя. Основная Ethernet библиотека содержит файлы, которые позволяют платам Arduino Uno и Mega инициализировать контроллер Ethernet и работать с ним, организовать Клиент или Сервер для четырех одновременных входящих или исходящих соединений.

### 802.15/XBee

Для Arduino доступно множество различных опций беспроводной передачи данных по стандарту IEEE 802.15.3 частотного диапазона 2.4 ГГц. В целом, сетевой протокол ZigBee не очень популярен из-за его требований к большому объему памяти и вычислительной мощности. Вместо него получил достаточно широкое распространение ZigBee-подобный протокол, названный XBee. Он также поддерживает звездообразную и полносвязную топологию сети и использует стандартный набор

модемных AT команд для управления передачей данных.

Одной из самых популярных реализаций беспроводной передачи данных является плата расширения XBee Shield, разработанная компанией Libelium в тесном сотрудничестве с Arduino (Рисунок 4а и 4b). Плата выполнена на базе радио модулей XBee или XBee-Pro, производства компании Digi. Модули поддерживают различные топологии сети и могут использоваться в качестве беспроводного моста USB-Serial.

### CDPD/GSM передача данных

Добавление мобильного сотового подключения в проект Arduino может быть выполнено с помощью GSM платы расширения (CDPD – цифровая сотовая пакетная передача данных). Плата расширения Arduino GPRS/GSM Shield выполнена на базе радио модуля Quectel M10, который управляется AT командами по последовательному интерфейсу. Для идентификации пользователя и системы в сотовой сети потребуется SIM карта. Много продуктов доступно и от других производителей, к примеру, CuteDigi, HW Kitchen и Sparkfun, которые используют в своих решениях 4-х диапазонный радио модуль Spreadtrum SM5100B.

### Другие приложения

Платформа Arduino также включает в себя платы расширения и специализированные процессорные платы, поддерживающие и другие проводные и беспроводные сетевые технологии, включая Wi-Fi,



**Рисунок 4.** Платы расширения Libelium XBee Shield позволяют непосредственно подключить радио модули MaxStream к популярным платам Arduino.

CAN и ModBus. Кроме того, существуют расширения для поддержки локальных интерфейсов, таких как SPI и низкоскоростной сиг-

нальный интерфейс 1-Wire. Об этих возможностях мы постараемся рассказать в последующих статьях. ■

## Ссылки

1. «Радиолоцман», 2011, 11, стр. 13, «Как создавали и продвигали Arduino».
  2. «Радиолоцман», 2011, 12, стр. 44, «Открытая платформа Arduino высвобождает творческий потенциал».
  3. «Радиолоцман», 2012, 01, стр. 34, «Открытая платформа Arduino высвобождает творческий потенциал. Arduino Shields – расширение возможностей аппаратной платформы».
  4. «Радиолоцман», 2012, 02, стр. 41, «Аналоговый функционал Arduino: как использовать его в своих проектах».
-

## Одноразрядный микропроцессор Motorola MC14500

Jack G. Ganssle

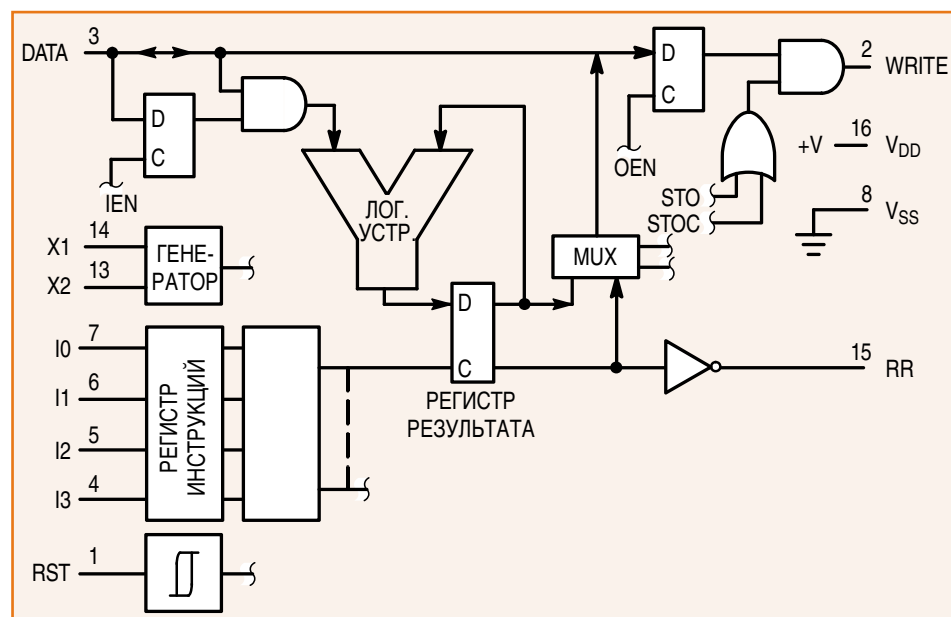
Embedded Systems Design

64-разрядные ЦП и архитектура VLIW (очень длинные машинные команды) рассчитаны на переработку огромных объемов данных, поступающих по широким параллельным шинам. Современные процессоры настолько быстры, и настолько прожорливо поедают данные, что разработчикам чипов приходится идти на невероятные хитрости, чтобы с максимальной скоростью обрабатывать отдельные биты. Но когда-то узкая шина данных считалась конкурентным преимуществом.

Микросхема однобитного ЦП MC14500 разработавшей ее компанией Motorola была названа «Industrial Control Unit» – промышленный элемент управления. В справочных данных на эту микросхему есть интригующее утверждение: «Если вычисления преобладают над управлением, предпочтительнее многоразрядные процессоры. Если

же основная задача заключается в принятии решений и управлении, отличным выбором будут однобитные машины».

Сейчас уже сложно сказать, когда именно чип появился на рынке, но первый релиз технического описания датирован 1977 годом. Третий был выпущен в 1994 году, так что эти необычные устройства действительно пользовались определенным успехом. По слухам, микросхемы использовались в систе-



Блок-схема MC14500B



мах кондиционирования воздуха и, в ограниченных масштабах, в схемах электроавтоматики.

Это был очень ранний образец Гарвардской архитектуры с двумя шинами: 4-разрядной шиной для инструкций и однобитной для данных. И, хотя термин «однобитный», сам по себе, вполне имеет право на существование, устройство было каким-то шизофреническим. Среди 16 инструкций MC14500 не было ни одной арифметической. Ни сложения, ни вычитания, ни чего-либо еще. Вместо этого было несколько простых команд загрузки и выгрузки, логические «И» и «ИЛИ», команда перехода, условный пропуск и несколько инструкций для управления «железом». (Правда, арифметические вычисления можно выполнять с помощью только логических команд).

Схема имела единственный регистр – Регистр результата, длина которого, как нетрудно догадаться, составляла 1 бит.

У этой странной микросхемы не было даже программного счетчика. Разработчикам пред-

лагалось реализовать его на внешних по отношению к ЦП схемах. Его ширина была... Ну, в общем такой, какой хотел ее сделать конструктор.

В таком случае возникает неизбежный вопрос: «А как же работала команда перехода?». Это зависело исключительно от разработчика схемы. Команда разрешения выхода OEN (Output Enabling) позволяла заблокировать любые изменения на выходе данных. В конце цикла можно было вставить команду OEN и позволить машине выполнить любую инструкцию, которая останется до смены адреса. Это и была команда перехода, которая, фактически, просто переключала выходной бит. Предполагалось, что разработчик должен использовать это переключение для чего-нибудь полезного, например, для загрузки в программный счетчик некоторого адреса.

Кое-кто по этому поводу высказывал предположение, что «ребята из Motorola накурились чего-то запрещенного». ■



# Использование датчика тока ACS712

Измерение и контроль протекающего тока являются принципиальным требованием для широкого круга приложений, включая схемы защиты от перегрузки по току, зарядные устройства, импульсные источники питания, программируемые источники тока и пр. Один из простейших методов измерения тока – использование резистора с малым сопротивлением, – шунта между нагрузкой и общим проводом, падение напряжения на котором пропорционально протекающему току. Несмотря на то, что данный метод очень прост в реализации, точность измерений оставляет желать лучшего, т.к. сопротивление шунта зависит от температуры, которая не является постоянной. Кроме того, такой метод не позволяет организовать гальваническую развязку между нагрузкой и измерителем тока, что очень важно в приложениях, где нагрузка питается высоким напряжением.



**Рисунок 1.** Модуль датчика тока ACS712.

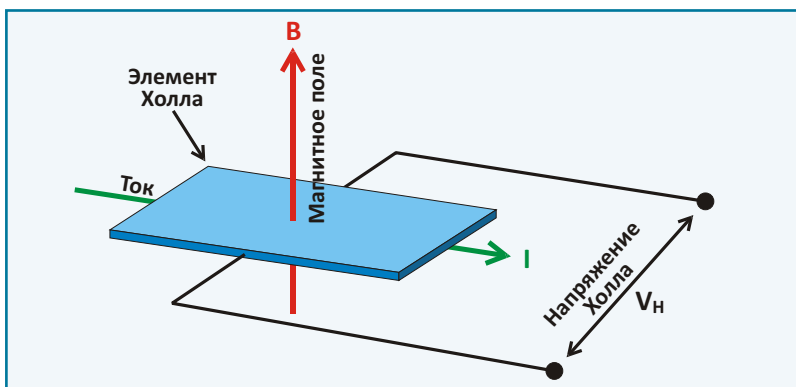
Основные недостатки измерения тока с помощью резистивного шунта:

- нагрузка не имеет прямой связи с «землей»;
- нелинейность измерений, обусловленная температурным дрейфом сопротивления резистора;
- отсутствие гальванической развязки между нагрузкой и схемой измерения.

В статье мы рассмотрим экономичный и прецизионный интегральный датчик тока Allegro ACS712, принцип его работы, основанный на эффекте Холла, характеристики и способ подключения к микроконтроллеру для измерения постоянного тока.

## Теория

Датчик тока ACS712 основан на принципе, открытом в 1879 году Эдвином Холлом (Edwin Hall), и названным его именем. Эффект Холла состоит в следующем: если проводник с током помещен в магнитное поле, то на его краях возникает ЭДС, направленная перпендикулярно, как к направлению тока, так и к направлению магнитного поля. Эффект иллюстрируется Рисунком 2. Через тонкую пластину полупроводникового материала, называемую элементом Холла, протекает ток  $I$ . При наличии магнитного поля на движущиеся носители заряда (электроны) действует сила Лоренца, искривляющая траекторию движения электронов, что приводит к перераспределению объ-



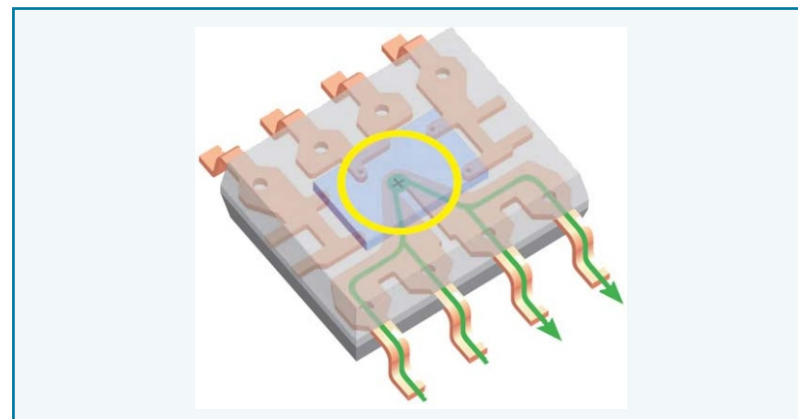
**Рисунок 2.** Эффект Холла.

емных зарядов в элементе Холла. Вследствие этого на краях пластины, параллельных направлению протекания тока, возникает ЭДС, называемая ЭДС Холла. Эта ЭДС пропорциональна векторному произведению индукции  $\mathbf{B}$  на плотность тока  $\mathbf{I}$  и имеет типовое значение порядка нескольких микровольт.



**Рисунок 3.** Микросхема ACS712 в корпусе SOIC.

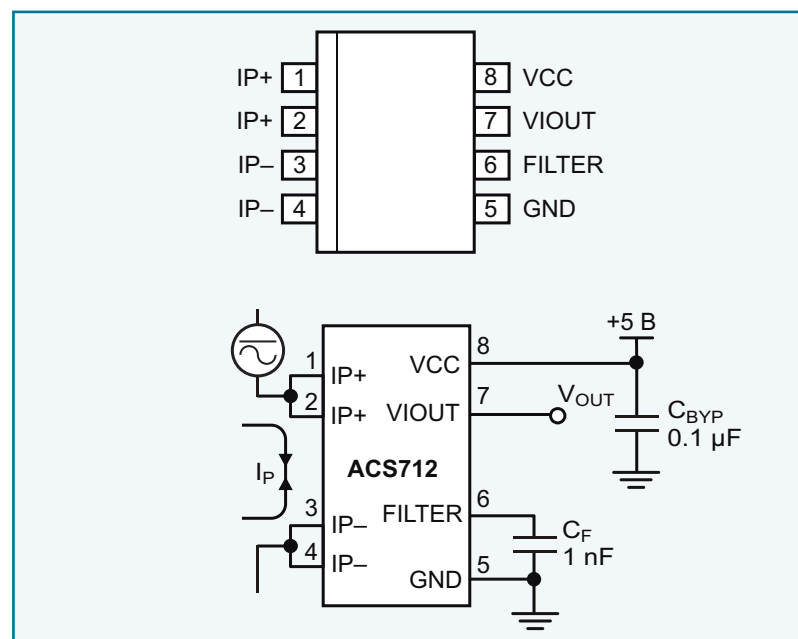
Микросхема ACS712 выпускается в миниатюрном 8-выводном корпусе SOIC для поверхностного монтажа (Рисунок 3). Она состоит из прецизионного линейного датчика Холла с малым напряжением смещения и медного проводника, проходящего у поверхности чипа и выполняющего роль сигнального пути для тока (Рисунок 4). Протекающий через этот проводник ток, создает магнитное поле, воспринимаемое встроенным в кристалл элементом Холла. Сила магнитного поля линейно зависит от проходящего тока. Встроенный формирователь сигнала фильтрует создаваемое



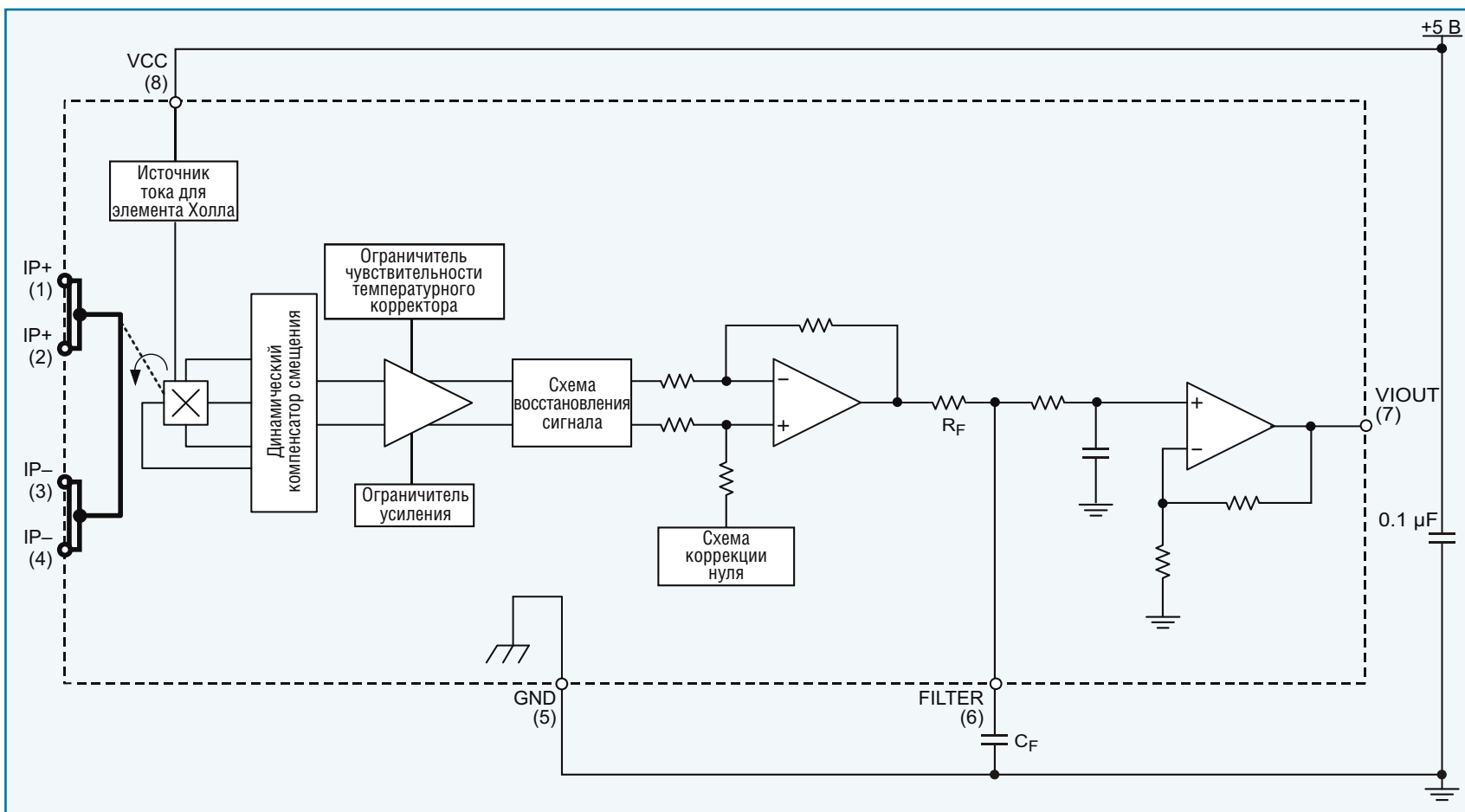
**Рисунок 4.** Внутренняя конструкция датчика тока ACS712. Виден U-образный медный проводник проходящий вокруг элемента Холла.

мое чувствительным элементом напряжение и усиливает его до уровня, который может быть измерен с помощью АЦП микроконтроллера.

На Рисунке 5 показано расположение выводов ACS712 и типовая схема его включения. Выводы 1, 2 и 3,4 образуют проводящий путь для измеряемого тока с внутренним сопротивлением порядка 1.2 мОм, что определяет очень малые потери мощности. Его толщина выбрана такой, чтобы прибор выдерживал



**Рисунок 5.** Расположение выводов интегрально-го датчика ACS712 и типовая схема включения.



**Рисунок 6.** Функциональная схема датчика тока ACS712.

силу тока в пять раз превышающую максимально допустимое значение. Контакты силового проводника электрически изолированы от выводов датчика (выводы 5 – 8). Расчетная прочность изоляции составляет 2.1 кВ с.к.з.

В низкочастотных приложениях часто требуется включить на выходе устройства простой RC фильтр, чтобы улучшить отношение сигнал-шум. ACS712 содержит внутренний резистор  $R_F$ , соединяющий выход встроенного усилителя сигнала со входом выходной буферной схемы (см. Рисунок 6). Один из выводов резистора доступен на выводе 6 микросхемы, к которому подключается внешний конденсатор  $C_F$ . Следует отметить, что использование конденсатора фильтра приводит к уве-

личению времени нарастания выходного сигнала датчика и, следовательно, ограничивает полосу пропускания входного сигнала. Максимальная полоса пропускания составляет 80 кГц при емкости фильтрующего конденсатора равной нулю. С ростом емкости  $C_F$  полоса пропускания уменьшается. Для снижения уровня шума при номинальных условиях рекомендуется устанавливать конденсатор  $C_F$  емкостью 1 нФ.

### Чувствительность и выходное напряжение ACS712

Выходное напряжение датчика пропорционально току, протекающему через проводящий путь (от выводов 1 и 2 к выводам 3 и 4).

Выпускается три варианта токового датчика для разных диапазонов измерения:

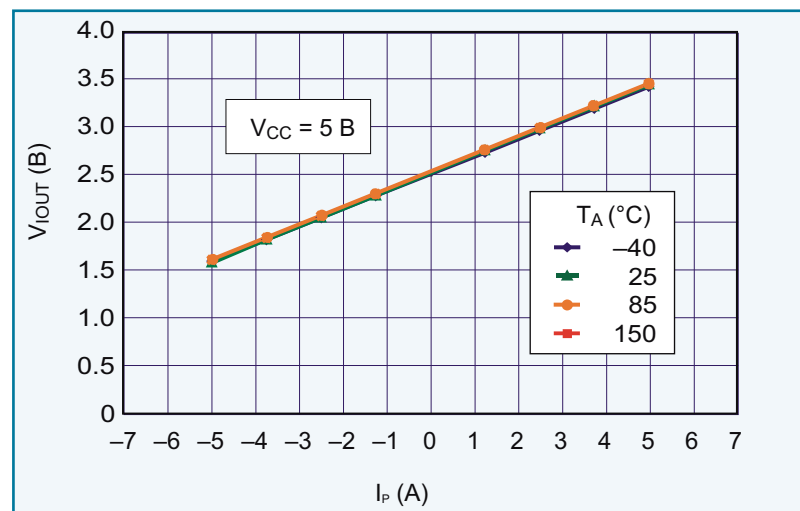
- ±5 A (ACS712-05B),
- ±20 A (ACS712-20B),
- ±30 A (ACS712-30A)

Соответствующие уровни чувствительности составляют 185 мВ/А, 100 мА/В и 66 мВ/А. При нулевом токе, протекающем через датчик, выходное напряжение равно половине напряжения питания ( $V_{CC}/2$ ). Необходимо заметить, что выходное напряжение при нулевом токе и чувствительность ACS712 пропорциональны напряжению питания. Это особенно полезно при использовании датчика совместно с АЦП.

Точность любого АЦП зависит от стабильности источника опорного напряжения. В большинстве схем на микроконтроллерах в качестве опорного используется напряжение питания. Поэтому при нестабильном напряжении питания измерения не могут быть точными. Однако если опорным напряжением АЦП сделать напряжение питания датчика ACS712, его выходное напряжение будет компенсировать любые ошибки аналого-цифрового преобразования, обусловленные флуктуациями опорного напряжения.

Рассмотрим эту ситуацию на конкретном примере. Допустим, что для опорного напряжения АЦП и питания датчика ACS712 используется общий источник  $V_{CC} = 5.0$  В. При нулевом токе через датчик его выходное напряжение составит  $V_{CC}/2 = 2.5$  В. Если АЦП 10-разрядный (0...1023), то преобразованному выходному напряжению датчика будет соответствовать число 512. Теперь предположим, что вследствие дрейфа напряжение источника питания установилось на уровне 4.5 В. Соответственно, на выходе датчика будет  $4.5 \text{ В}/2 =$

2.25 В, но результатом преобразования, все равно, будет число 512, так как опорное напряжение АЦП тоже снизилось до 4.5 В. Точно также, и чувствительность датчика снизится в  $4.5/5 = 0.9$  раз, составив 166.5 мВ/А вместо 185 мВ/А. Как видите, любые колебания опорного напряжения не будут источником ошибок при аналого-цифровом преобразовании выходного напряжения датчика ACS712.



**Рисунок 7.** Зависимость выходного напряжения ACS712-05B от измеряемого тока при напряжении питания 5.0 В и различных рабочих температурах.

На Рисунке 7 представлены номинальные передаточные характеристики датчика ACS712-05B при напряжении питания 5.0 В. Дрейф выходного напряжения в рабочем диапазоне температур минимален благодаря инновационной технологии стабилизации.

## Подключение датчика тока к микроконтроллеру

Ознакомившись с основами теории, мы можем переходить к вопросу считывания, преобразования и визуализации данных. Другими словами мы спроектируем простой измеритель постоянного тока.

Аналоговый выход датчика подключается к одному из каналов АЦП микроконтроллера. Все необходимые преобразования и вычисления реализуются в программе микроконтроллера. Для отображения данных используется 2-строчный символьный ЖК индикатор.

## Экспериментальная схема

Для экспериментов с датчиком тока необходимо собрать конструкцию согласно схеме, приведенной на Рисунке 8. Автор использовал для этого макетную плату и модуль на базе микроконтроллера (Рисунок 9).

Модуль датчика тока ACS712-05В можно приобрести готовый (на eBay он продается совсем недорого), или изготовить самостоя-

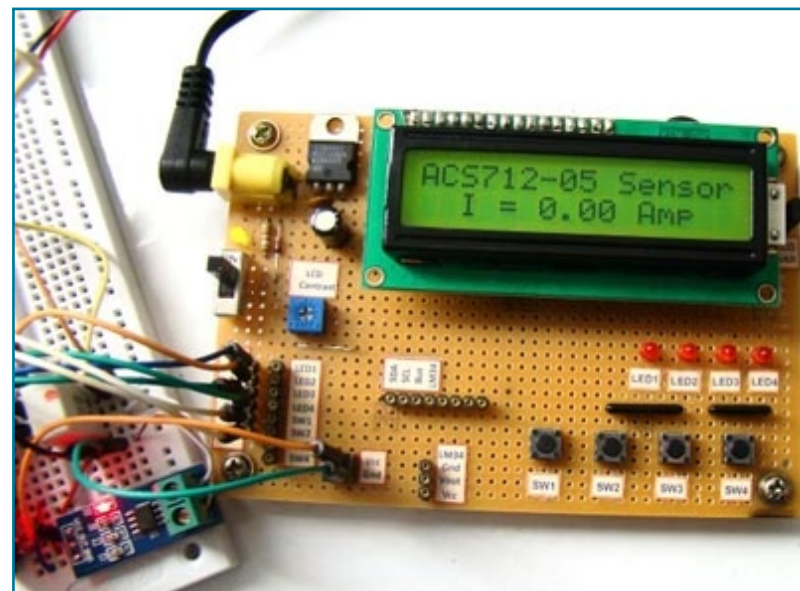
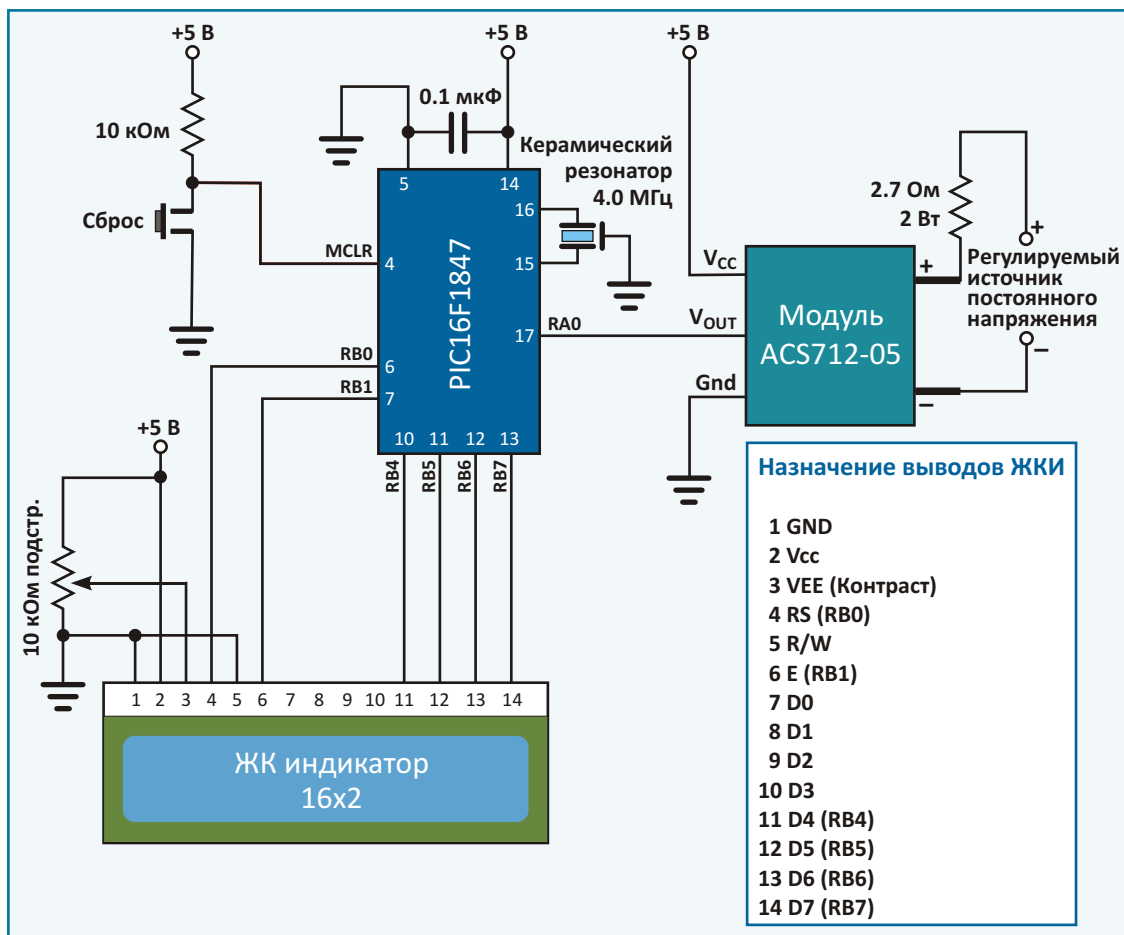


Рисунок 9. Макетная и отладочная платы для проведения экспериментов.



тельно. Емкость конденсатора фильтра выбрана равной 1 нФ, по питанию установлен блокировочный конденсатор 0.1 мкФ. Для индикации включения питания припаян светодиод с гасящим резистором. Питание и выходной сигнал датчика подведены на разъем с одной стороны платы модуля, 2-контактный разъем для измерения протекающего тока расположен с противоположной стороны.

Для экспериментов по измерению тока регулируемый источник постоянного напряжения подключим к токоизмерительным выводам датчика через последовательный резистор 2.7 Ом / 2 Вт. Выход датчика подключен к порту RA0/AN0 (вывод 17) микроконтроллера. Двухстрочный символьный ЖК

Рисунок 8. Схема подключения модуля датчика ACS712 и ЖК индикатора к микроконтроллеру.

индикатор подключен к порту В микроконтроллера и работает в 4-битном режиме.

Микроконтроллер питается напряжением +5 В, это же напряжение используется в качестве опорного для АЦП. Необходимые вычисления и преобразования реализуются в программе микроконтроллера.

Математические выражения, используемые в процессе преобразования, приведены ниже.

Чувствительность датчика тока  $Sens = 0.185 \text{ В/А}$ . При питании  $V_{CC} = 5 \text{ В}$  и опорном напряжении  $V_{ref} = 5 \text{ В}$  расчетные соотношения будут следующими:

Выходной код АЦП

$$\text{Count} = \frac{1024}{V_{CC}} V_{in},$$

где

$$V_{in} = \frac{V_{CC}}{2} + 0.185 I.$$

Следовательно

$$\text{Count} = \frac{1024}{V_{CC}} \left( \frac{V_{CC}}{2} + 0.185 I \right).$$

В итоге, формула для вычисления тока получается следующей:

$$I = 0.0264 \text{ Count} - 512$$

**Важное замечание.** Представленные выше соотношения основаны на предположении, что напряжение питания и опорное напряжение для АЦП равны 5 В. Однако последнее выражение, связывающее ток  $I$  и выходной код АЦП  $\text{Count}$ , сохраняет силу даже при флуктуациях напряжения источника питания. Об этом шла речь в теоретической части описания.

Из последнего выражения видно, что разрешение датчика по току составляет 26.4 мА, чему соответствуют 513 отсчетов АЦП, что на один отсчет превышает ожидаемый результат.

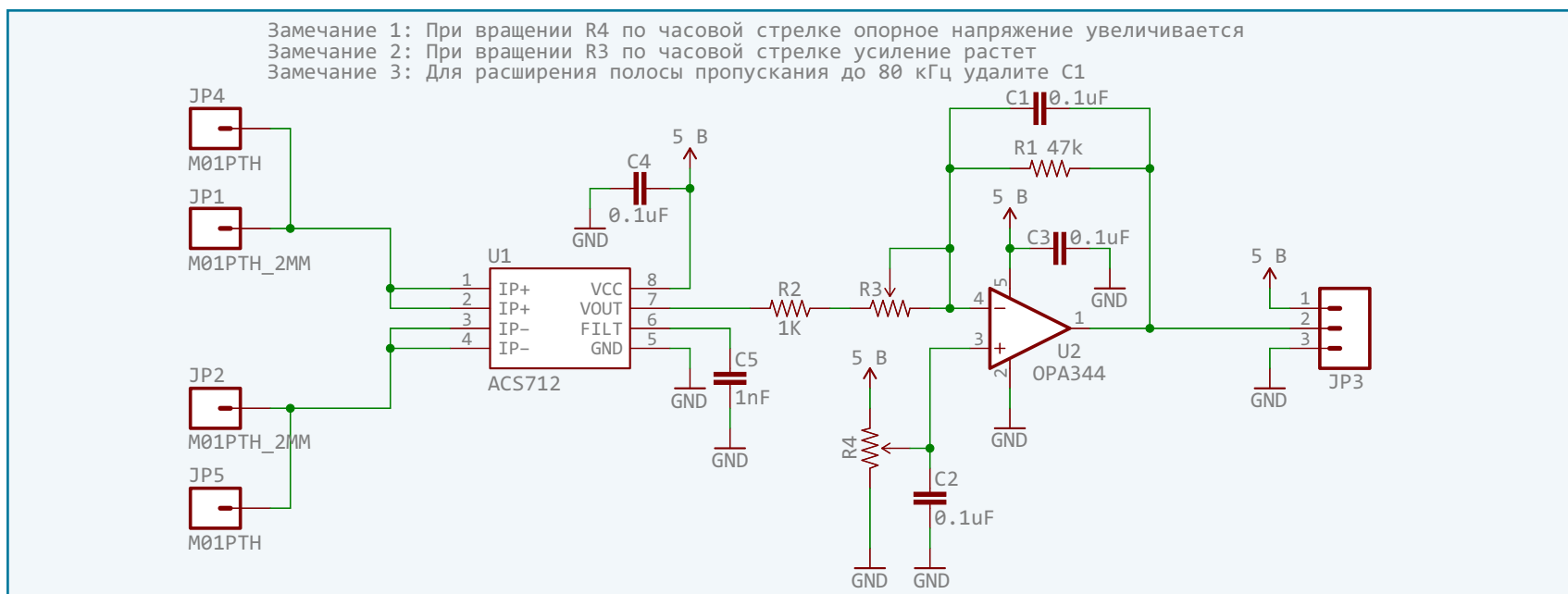


Рисунок 10. Схема модуля датчика ACS712 для измерения малых токов.

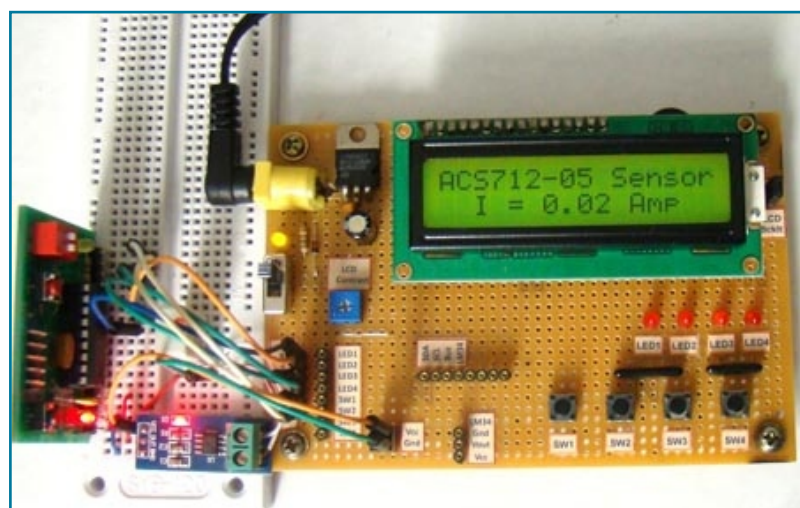
Таким образом, мы можем заключить, что данная реализация не позволяет измерять малые токи. Для увеличения разрешения и повышения чувствительности при измерении малых токов потребуется использование операционного усилителя. Пример такой схемы показан на Рисунке 10.

## Программа микроконтроллера

Программа микроконтроллера PIC16F1847 написана на языке Си и скомпилирована в среде mikroC Pro (mikroElektronika). Результаты измерений отображаются на двухстрочном ЖК индикаторе с точностью до двух десятичных знаков.

## Выход

При нулевом входном токе выходное напряжение датчика ACS712 в идеальном случае должно быть строго  $V_{cc}/2$ , т.е. с АЦП должно быть считано число 512. Дрейф выходного напряжения датчика на 4.9 мВ вызывает смещение результата преобразования на 1 младший разряд АЦП (Рисунок 11). (Для  $V_{ref} = 5.0$  В, разрешение 10-битного АЦП

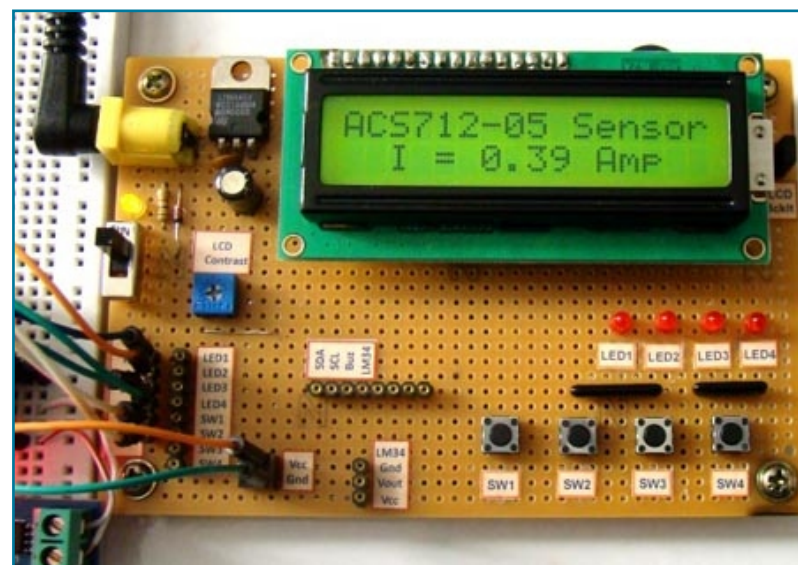


**Рисунок 11.** Смещение 20 мА при нулевом токе через датчик ACS712.

будет  $5/1024 = 4.9$  мВ), что соответствует 26 мА входного тока. Заметим, что для уменьшения влияния флуктуаций желательно производить несколько измерений, и затем усреднять их результаты.

Если выходное напряжение регулируемого источника питания установить равным 1 В, через резистор должен протекать ток порядка 370 мА. Измеренное значение тока в эксперименте – 390 мА, что превышает правильный результат на одну единицу младшего разряда АЦП.

При напряжении 2 В индикатор покажет 760 мА (Рисунок 12).



**Рисунок 12.** Показания индикатора при измерении тока 370 мА.

На этом мы завершим обсуждение датчика тока ACS712. Однако мы не коснулись еще одного вопроса. Как с помощью этого датчика измерять переменный ток? Имейте в виду, что датчик обеспечивает мгновенный отклик, соответствующий току, протекающему через измерительные выводы. Если ток течет в положительном направлении (от выводов 1 и 2 к выводам 3 и 4), чувствительность датчика положи-

тельная, и выходное напряжение больше  $V_{cc}/2$ . Если же ток меняет направление, чувствительность будет отрицательной, и выходное напряжение датчика опустится ниже уровня  $V_{cc}/2$ . Это означает, что при изме-

рении переменного сигнала АЦП микроконтроллера должен делать выборки достаточно быстро, чтобы иметь возможность вычислять среднеквадратичное значение тока.

## Загрузки

Исходный код программы микроконтроллера и файл для прошивки





# Диапазон преобразования АЦП микроконтроллера можно расширить вдвое без потери точности

Mike McGlinchy

Electronic Design Europe

Многие микроконтроллеры имеют встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), как правило, многоканальный, с мультиплексированными входами. Однако, в большинстве случаев, эти АЦП, способны оцифровывать только униполярные сигналы, диапазон которых заключен между положительным и отрицательным уровнями опорного напряжения ( $+V_{REF}$  и  $-V_{REF}$ ), причем, за редким исключением,  $-V_{REF} = 0$ . Для работы с отрицательными напряжениями необходимо какое-то устройство согласования сигналов.

Чаще всего для этой цели используют схему смещения уровня на операционном усилителе, сдвигающую измеряемый сигнал кверху на половину напряжения  $+V_{REF}$ , благодаря чему сигнал не выходит из положительной области и, соответственно, может обрабатываться АЦП. Но такой метод имеет два серьезных недостатка. Во-первых, диапазон преобразуемых напряжений сокращается вдвое. Во-вторых, для компенсации сдвига требуется дополнительная программная обработка результатов оцифровки, что может увеличить,

возможно, весьма значительно, общее время преобразования.

Альтернативный метод основан на разделении и независимой оцифровке положительных и отрицательных составляющих сигнала. Для этого потребуются два канала АЦП микроконтроллера, два диода Шоттки, и обе половины сдвоенного операционного усилителя.

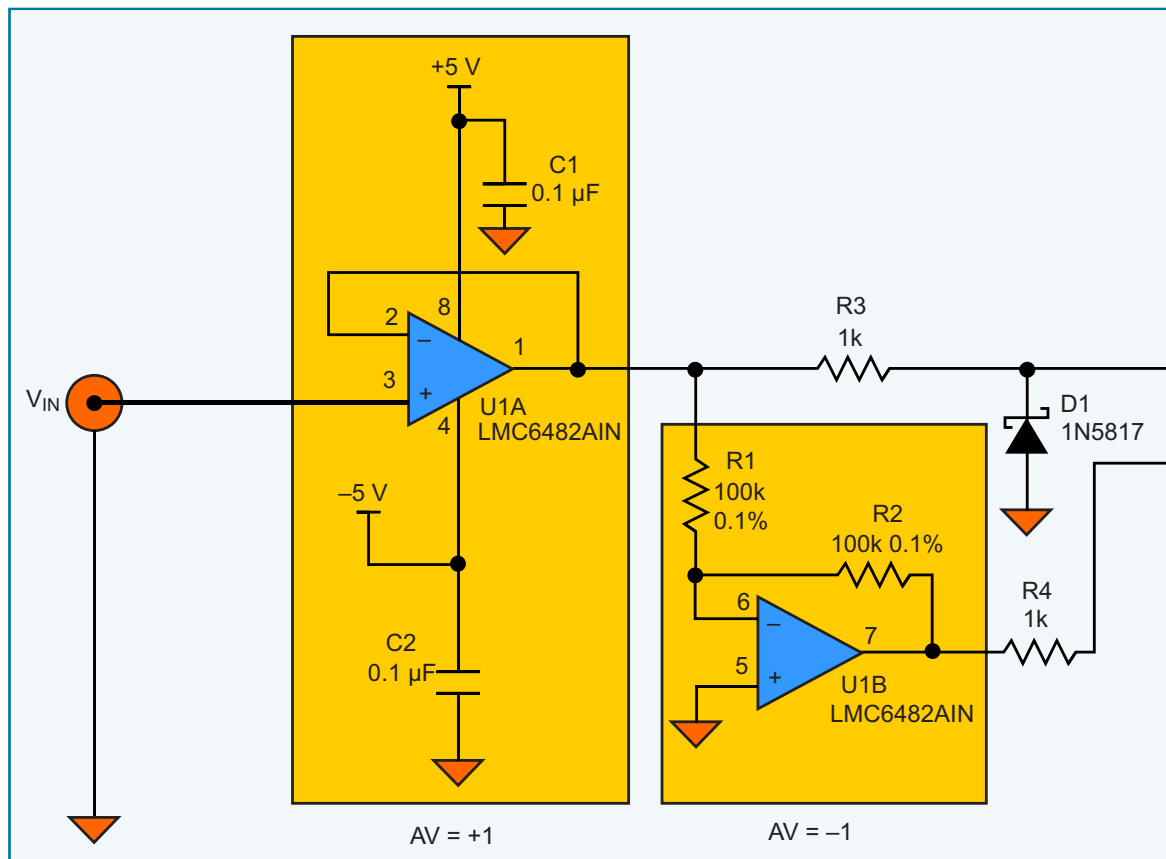
Учитывая, что источник сигнала для АЦП должен иметь низкое выходное сопротивление (в типичном случае, хотя бы 10 кОм), практически в любой схеме для согласования импедансов необходим операционный усилитель. Это означает, что используемый в схеме сдвоенный ОУ можно исключить из списка «затрат» на реализацию предложенной идеи.

Пример подобной схемы, сделанной на микроконтроллере средней производительности PIC16F876 (U3), изображен на Рисунке 1. На схеме показаны только те выводы контроллера, которые непосредственно относятся к теме статьи. На одной половине ОУ (U1A) сделан повторитель напряжения с коэффици-

ентом усиления +1, на другой (U1B) – инвертор, с коэффициентом усиления –1. Выход U1A подключен к аналоговому входу AN0 (U3, вывод 2) через ограничивающий резистор R1. Аналогичным образом U1B связан с AN1 через резистор R4.

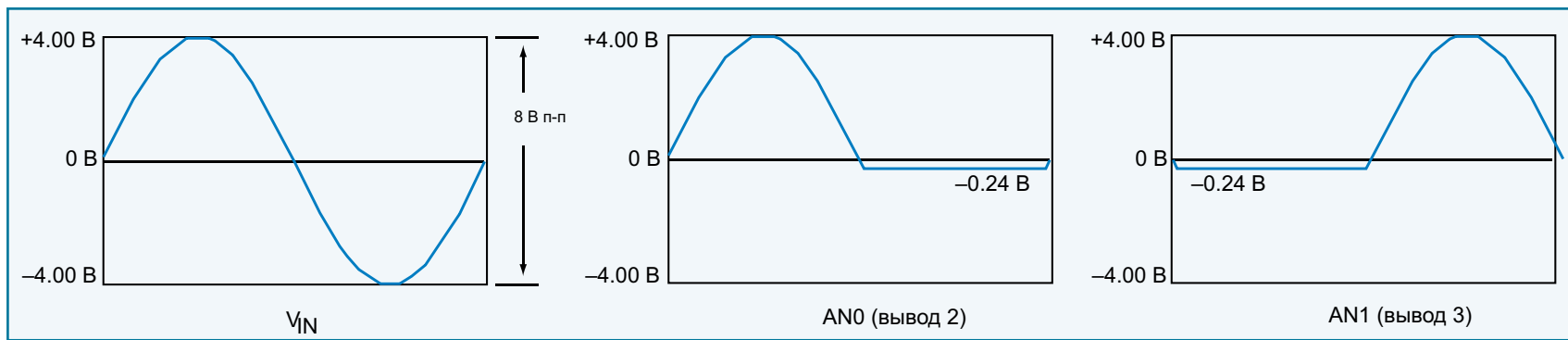
Когда входное напряжение положительно (скажем, +4.00 В), с выхода U1A на вход AN0 поступает напряжение +4.00 В. При этом напряжение на выходе U1B равно –4.00 В, а на входе AN1 (U3, вывод 3), за счет ограничения диодом Шоттки с низким прямым падением напряжения, будет порядка 0.24 В. Точно также, если  $V_{IN}$  равно –4.00 В, на выходе U1B и входе AN1 будет +4.00 В, а напряжение –4.00 В попадет на вход AN0 ограниченным примерно до –0.24 В.

Ограничители сигнала предотвращают появление на входах АЦП отрицательного напряжения менее –0.3 В. Инжекция тока при более низком напряжении может привести к

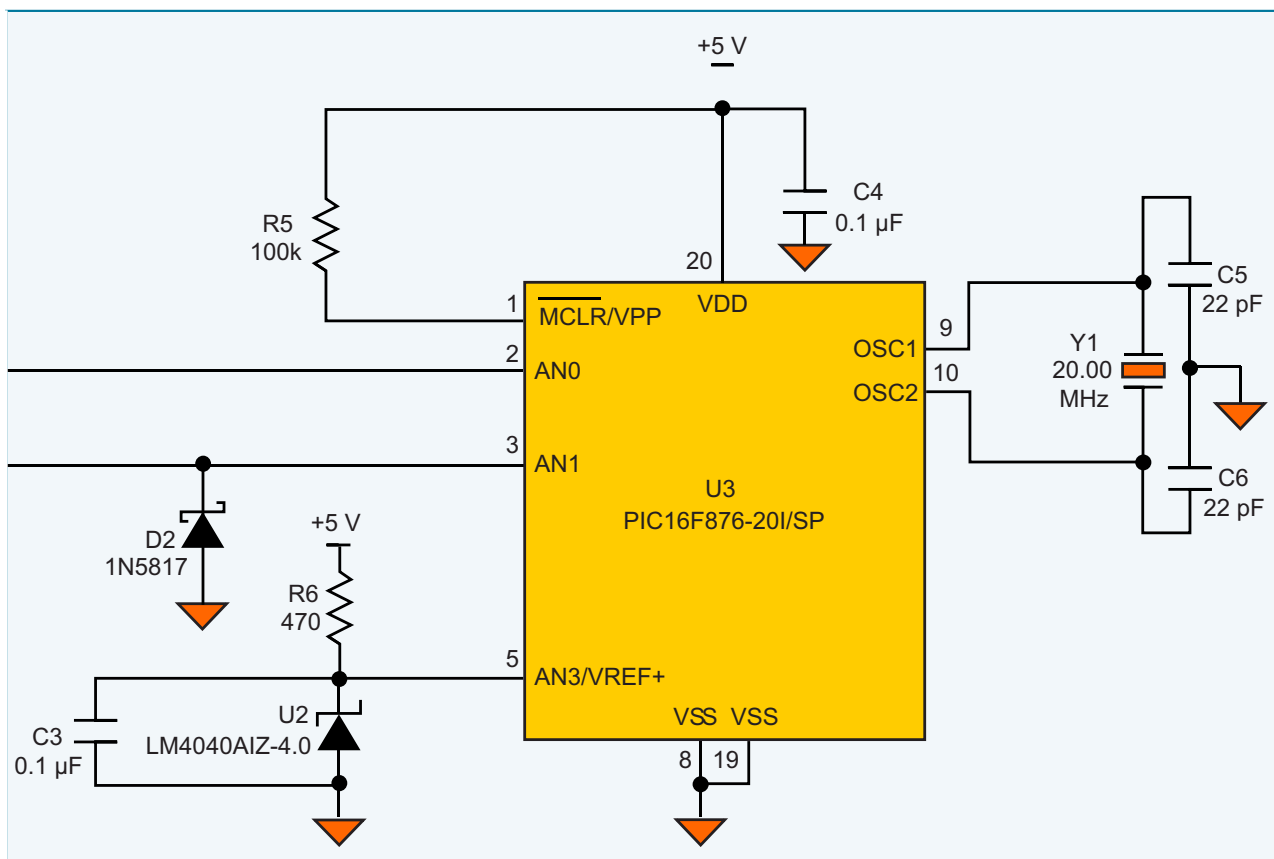


**Рисунок 1.** Выделенные из сигнала положительная и отрицательная составляющие оцифровываются отдельно, что позволяет микроконтроллеру с униполярным АЦП обрабатывать биполярные сигналы в удвоенном входном диапазоне без потери разрешения.

искажению результатов в других каналах. На Рисунке 2 приведены осциллограммы симметричной синусоиды с размахом 8 В пик-пик на входе  $V_{IN}$  и соответствующих сигналов на выходах АЦП. Любое напряжение, равное или меньшее 0, АЦП воспринимает как ноль. Прог-



**Рисунок 2.** Каждый канал АЦП оцифровывает одну полуволну входного синусоидального сигнала.



шения второго преобразования. Если результат не равен нулю (например, 1.5 В), значит входное напряжение  $V_{IN}$  отрицательно ( $-1.50$  В), и программа перед записью должна инвертировать результат. Случай, когда и AN0, и AN1 равны нулю, означает, что  $V_{IN} = 0$  В.

Приведенная схема может оцифровывать сигналы от +4.092 В до  $-4.092$  В (8.184 В пик-пик). При опорном напряжении  $+V_{REF} = 5$  В диапазон

измерений можно расширить до 10 В пик-пик, правда, при этом, из-за дробного шага дискретизации, преобразование считанных значений станет более сложным. Итак, мы увидели, каким образом без потери разрешения можно удвоить длину шкалы преобразования АЦП.

рамма, управляющая считыванием входного сигнала, вначале должна выбрать канал 0 (AN0) и подождать завершения выборки примерно 40 мкс, после чего запустить преобразование. Если результат отличается от нуля, значит, входной сигнал  $V_{IN}$  положителен. Поскольку  $V_{REF} = 4.096$  В, или 4 1024 мВ, считываемые из АЦП значения будут представлять количество 4-мВ дискретов сигнала. Следовательно, умножив на 4 полученное в результате преобразования число, мы получим измеренное напряжение в вольтах. Чтобы сохранить это значение в памяти, потребуются два байта.

При нулевом результате преобразования по входу AN0, программа должна выбрать канал АЦП AN1 и ждать еще 40 мкс до завер-

В описанной конструкции следует использовать операционные усилители с малым напряжением смещения и rail-to-rail входами и выходами. Если скорости преобразования будет недостаточно, можно выбрать более широкополосный ОУ и найти микроконтроллер с более быстрым АЦП. Ну, и как всегда, ищите компромисс между скоростью, точностью и мощностью потребления. ■

# Детектор перехода через ноль для управления симисторами

Peter Demchenko

Electronic Design Europe

Детекторы перехода через ноль синхронизируют моменты открывания ключей, коммутирующих переменное напряжение и часто используются для уменьшения пусковых токов и коммутационных шумов. Описанный здесь детектор перехода через ноль управляет симистором, но с успехом может применяться и в других приложениях.

Многие симисторы можно включать только в первых трех квадрантах. Изображенная на Рисунке 1 схема предназначена для управления такими приборами во втором и третьем квадрантах, когда ток управляющего электрода отрицателен. В этой схеме транзистор Q1 включается во время положительных полуволн переменного напряжения, т.е., когда напряжение на верхней шине положительно. Q2 открывается отрицательными полуволнами. Оба транзистора выключены только тогда, когда переменное напряжение близко к нулю, т.е. на том отрезке времени, где «разрешено» включаться симистору.

Для снижения рассеиваемой мощности все биполярные транзисторы следует выбрать с достаточно большим коэффициентом усиления, после чего нужно рассчитать сопротивление R2:

$$R2 = V \frac{U_{On}}{I_G}$$

где

V – коэффициент передачи тока Q2,

$I_G$  – минимальный эффективный ток управляющего электрода симистора (чувствительность симистора),

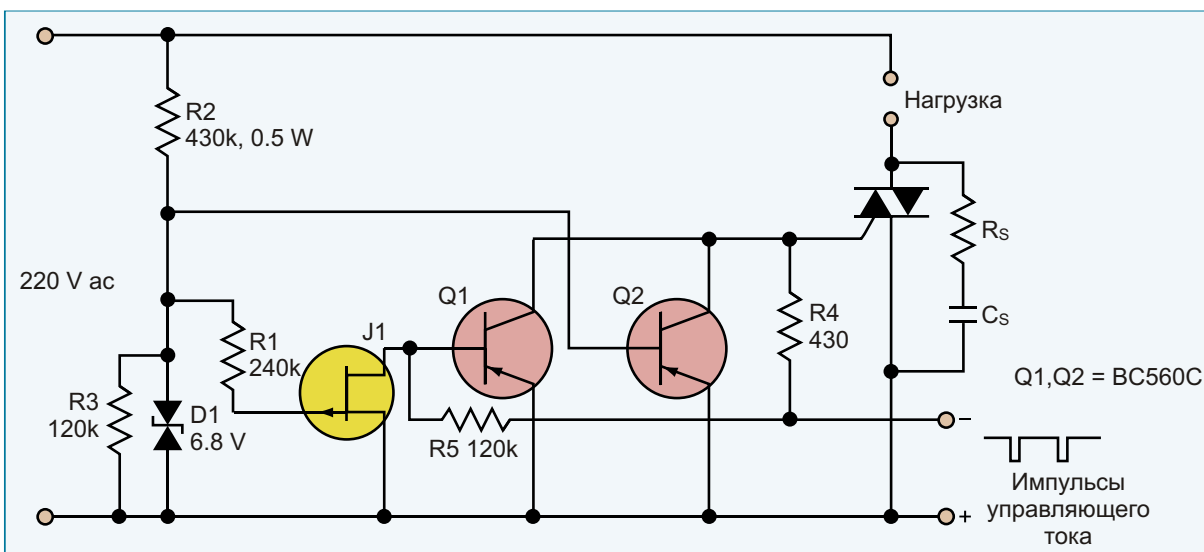


Рисунок 1. Этот детектор перехода через ноль формирует отрицательные импульсы включения симистора.

$U_{On}$  – максимальный уровень входного переменного напряжения, при котором еще допустимо включении симистора.

Определив  $R2$ , можно вычислить значение  $R3$ :

$$R3 = \frac{0.6 R2}{U_{On} - 0.6 R2 \frac{I_G}{B}}$$

Когда напряжение близко к нулю, в управляющем электроде возникают отрицательные импульсы тока, так как электрод шунтируется либо транзистором  $Q1$ , либо  $Q2$ . Симистор включится, когда его рабочий ток станет больше минимального тока срабатывания. Если на этом отрезке времени симистором не управлять, переменное напряжение превысит по абсолютной величине  $U_{On}$ , и  $Q1$  (или  $Q2$ ), открывшись, будут препятствовать включению симистора.

Сложнее включать симистор, управляемый отрицательным напряжением, во время положительных полупериодов напряжения. Для решения этой задачи в схему добавлен р-

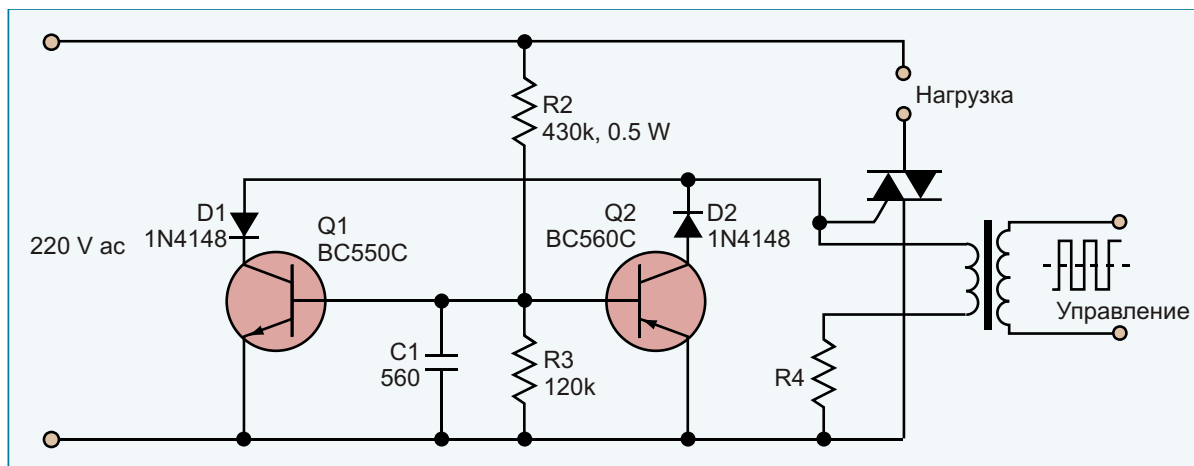
канальный полевой транзистор  $J1$ , смещающий напряжение на необходимый уровень и сводящий к минимуму потери в цепи переменного напряжения.

В момент, когда в процессе нарастания положительной полуволны напряжение достигает  $U_{On}$ , транзистор  $J1$  закрывается, а  $Q1$  включается. Двуханодный стабилитрон  $D1$  защищает р-п переходы транзисторов  $J1$  и  $Q2$ . Емкость стабилитрона (200...400 пФ) вместе с резистором  $R2$  образуют фильтр нижних частот, подавляющий короткие выбросы сетевого напряжения.  $R1$  ограничивает до безопасного уровня ток затвора  $J1$ .

Альтернативой этой относительно сложной схеме может быть использование входного каскада на р-п-р транзисторе, включенном по схеме с общей базой, в комбинации с эмиттерным повторителем на п-р-п транзисторе. Но используемая для прямого управления симистором схема должна иметь достаточно большой коэффициент усиления по току, получить который без увеличения потребляемой от сети мощности весьма трудно.

Проблема заключается в том, что величина

тока, протекающего через  $R2$ , близка к уровню тока эмиттера каскада с общей базой, который нельзя сделать очень низким без ущерба для усиления. В результате был выбран вариант с р-канальным полевым транзистором на входе, к которому предъявляется единственное существенное требование – напряжение отсечки должно быть меньше 2 В. Если оно будет еще меньше – будет еще лучше.



**Рисунок 2.** Эту версию детектора перехода через ноль разработчики могут использовать с симисторами, включаемыми как положительным, так и отрицательным напряжением. Схема удобна, также, для управления трансформатором.

Во избежание проблем с защелкиванием, вам, возможно, придется управлять симистором длинными пачками импульсов или постоянным током. У использовавшегося в схеме симистора ток  $I_G$  не превышает 20 мА. R4 защищает транзисторы от чрезмерного тока. Снабберная цепочка  $R_S, C_S$  может не потребоваться. Необходимость в ней зависит от характера нагрузки и типа симистора.

В большинстве случаев симисторы открываются любым напряжением, приложенным к управляющему электроду: как положительным, так и отрицательным. Для управления такими приборами предлагается схема, изображенная на Рисунке 2. Схема обеспечивает биполярное управление и хорошо подходит для использования с трансформатором. Заметим, что снабберная цепочка на схеме не показана. ■

# Простой высокочастотный генератор пилообразного напряжения

Luca Bruno, Италия

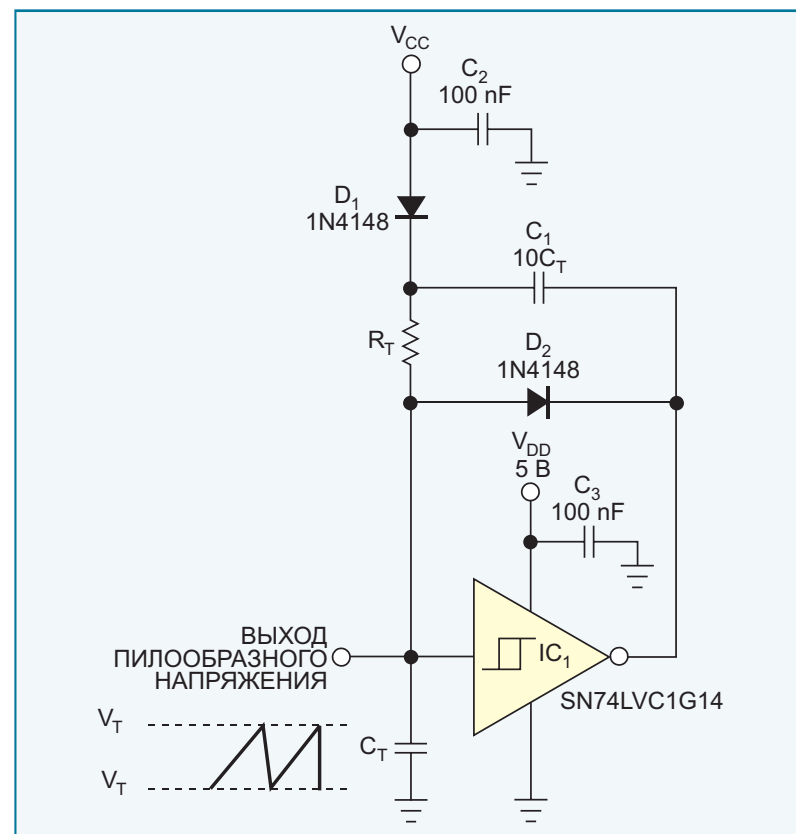
EDN

В широтно-импульсных модуляторах часто используются аналоговые генераторы пилообразного напряжения. Показанная на Рисунке 1 недорогая схема такого генератора может использоваться в маломощных приложениях на частотах до 10 МГц. Схема отличается хорошей линейностью рабочего хода и стабильностью частоты.

Схема сделана на одном инверторе с входным триггером Шмитта, работающем как модифицированный мультивибратор. Выходное напряжение снимается с времязадающего конденсатора  $C_T$ , напряжение на котором изменяется от нижнего до верхнего порогов инвертора.  $R_T C_T$  заряжается постоянным напряжением, поэтому напряжение на конденсаторе нарастает по экспоненциальному закону и аппроксимировать его прямой линией можно лишь на начальном участке экспоненты.

Простейший способ улучшить линейность пилообразного напряжения – увеличить напряжение питания цепочки  $R_T C_T$ . Для этого в схему добавлен выполняющий функцию генератора подкачки заряда конденсатор  $C_1$  с емкостью, по крайней мере, на порядок большей, чем  $C_T$ . Во время спадающего фронта «пилы», при низком уровне на выходе инвер-

тора, этот конденсатор быстро заряжается через диод  $D_1$  до напряжения  $V_{CC}$  минус прямое падение напряжения на диоде. В это же время конденсатор  $C_T$  разряжается через диод  $D_2$ .



**Рисунок 1.** Для генерации пилообразного напряжения используется заряд и быстрый разряд конденсатора  $C_T$ . Размах «пилы» ограничивается верхним и нижним пороговыми напряжениями триггера Шмитта.

Когда спадающий фронт напряжения на  $C_T$  достигнет нижнего порога  $V_T^-$  триггера Шмитта, на выходе инвертора установится высокий логический уровень. Начнется заряд конденсатора  $C_1$ , и на катоде диода  $D_1$  установится сумма напряжений на  $C_1$  и на выходе инвертора.  $D_1$  закроется, и цепь  $R_T C_T$  начнет заряжаться, стремясь сравняться с напряжением на конденсаторе  $C_1$ . В момент, когда напряжение на  $C_T$  поднимется до верхнего порога  $V_T^+$  триггера Шмитта, выход инвертора вернется в «лог. 0» и цикл начнет повторяться.

Линейность «пилы» пропорциональна сумме напряжений питания  $V_{CC}$  и  $V_{DD}$ . Поскольку  $V_{DD}$  равно +5 В, и фиксировано, улучшать линейность остается только за счет  $V_{CC}$ . Оценить степень нелинейности рабочей области пилообразного напряжения можно с помощью следующего выражения:

$$E_{NL} \% = \frac{M_i - M_f}{M_i} 100,$$

где

$E_{NL} \%$  – ошибка нелинейности в процентах,

$M_i$  – угол наклона рабочей области «пилы» на начальном участке,

$M_f$  – угол наклона рабочей области на конечном участке,

и

$$E_{NL} \% = \frac{\frac{V_T}{V_{CC}} - \frac{V_T}{V_{DD}}}{\frac{V_T}{V_{CC}}} 100,$$

где

$V_F$  – прямое падение напряжения на диоде  $D_1$ .

Постоянная времени  $R_T C_T$  определяет частоту пилообразного напряжения  $F_0$ . Оценить эту частоту, пренебрегая временем разряда  $C_T$  и любым разрядом  $C_1$ , можно с помощью выражения:

$$F_0 = \frac{1}{K R_T C_T},$$

где  $K$  – константа, определяемая из следующего выражения:

$$K = \ln \frac{V_{CC} - V_{DD} - V_F - V_T}{V_{CC} - V_{DD} - V_F - V_T}.$$

Моделирование схемы со значениями  $C_T=100$  пФ и  $R_T=2.2$  кОм показывает, что нелинейность пилообразного напряжения равна

- 28% при  $V_{CC} = V_{DD} = 5$  В,
- 18% при  $V_{CC} = 10$  В и  $V_{DD} = 5$  В,
- 14% при  $V_{CC} = 15$  В и  $V_{DD} = 5$  В.

Был собран макет схемы, в которой  $V_{DD}=V_{CC}=5$  В,  $C_T=100$  пФ и  $R_T=2.2$  кОм. В качестве инвертора использовалась микросхема 74НС14 в стандартном корпусе DIP, имеющая задержку распространения 15 нс (против 4.4. нс у SN74LVC1G14 при напряжении питания 5 В). Измеренная частота равнялась приблизительно 12.7 МГц.

Частотозадающий конденсатор  $C_T$  должен быть пленочным, с низким током утечки, а его емкость не должна быть большой, чтобы



сократить затраты энергии при перезаряде. В то же время, для уменьшения вносимых ошибок, емкость  $C_T$  должна значительно превосходить емкость входов микросхемы и паразитные емкости.

Сопротивление  $R_T$  выбирайте достаточно небольшим, чтобы снизить влияние паразитных емкостей.

В качестве  $IC_1$  можно использовать любой КМОП инвертор с триггером Шмитта на входе. Однако для повышения стабильности частоты следует выбирать микросхемы из наиболее быстродействующих семейств, с малым временем задержки распространения и большим выходным током. Вполне подойдет выпускаемый Texas Instruments одновентильный инвертор SN74LVC1G14.

Чтобы воспользоваться приведенными выше выражениями, нужно прямо в схеме измерить пороговые напряжения триггера Шмитта, в особенности  $V_T^-$ . Необходимо принимать во внимание, что из-за конечной задержки распространения инвертора разряд  $C_T$  прерывается не в момент достижения порога  $V_T^-$ , а несколько позже. Этот факт следует учитывать, чтобы компенсировать ошибку расчетов, выполняемых на основе измеренных значений  $V_T^-$ . ■



## ДЛЯ ЗАМЕТОК

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



# Журнал РАДИОЛОЦМАН

## Главный редактор:

А. Николаев

## Над номером работали:

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

## Обложка:

А. Кравчук

## Директор:

С. Муратчаев

## Оформление подписки:

[www.rlocman.ru/magazine](http://www.rlocman.ru/magazine)

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

[rlocman@rlocman.ru](mailto:rlocman@rlocman.ru)

+7 (495) 721-72-14

[www.rlocman.ru](http://www.rlocman.ru)

март 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### НОВОСТИ

Oxford Nanopore представила высокопроизводительную платформу для анализа ДНК	5
Intel разместила модуль Wi-Fi на одном кристалле с процессором	6
Texas Instruments представила ультразвуковой стилус	7
Envia Systems установила рекорд удельной емкости литий-ионных аккумуляторов	7
Новый осциллограф Rohde & Schwarz обеспечивает наивысшую точность измерений среди приборов своего класса	8
Discera создала самые точные в мире многоканальные МЭМС генераторы	9
Fairchild разработала микросхему для автоматической идентификации типа аудио разъемов	10
Torex разработала LDO стабилизаторы с нижним пределом входного напряжения 0.5 В	11
DDC представила самый экономичный в мире приемопередатчик стандарта MIL-STD-1553	12
Relequick приступила к производству температурных контроллеров, управляемых с помощью SMS	13
Vestas помогает развивать ветроэнергетику Китая	14
Повышающий преобразователь напряжения AU1R3240S для стартовых систем может сэкономить до 15% топлива	15

### СТАТЬИ

Системы-на-кристалле открывают новый фронт войны чипов. Часть 1	17
PocketBook 360° Plus-2012: 5-дюймовый ридер с 800 МГц процессором	23
Анатомия цифровых изоляторов	25
Турбины для оффшорных ветропарков: новые подходы к транспортной логистике. Часть 1	30
ЛЕГКОВЕСЫ ЭЛЕКТРОНИКИ. AX8052F100 – ультра маломощный микроконтроллер для радиочастотных приложений	36
Сетевые возможности Arduino-приложений и систем	42
ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ. Одноразрядный микропроцессор Motorola MC14500	47

### СХЕМЫ

Использование датчика тока ACS712	49
Диапазон преобразования АЦП микроконтроллера можно расширить вдвое без потери точности	57
Детектор перехода через ноль для управления симисторами	60
Простой высокочастотный генератор пилообразного напряжения	63