

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

РАДИОЛОЦМАН

Январь 2013 (20)

FRAM повышает
производительность и снижает
энергопотребление систем на
микроконтроллерах

13

Протокол высокого уровня
CANopen

17

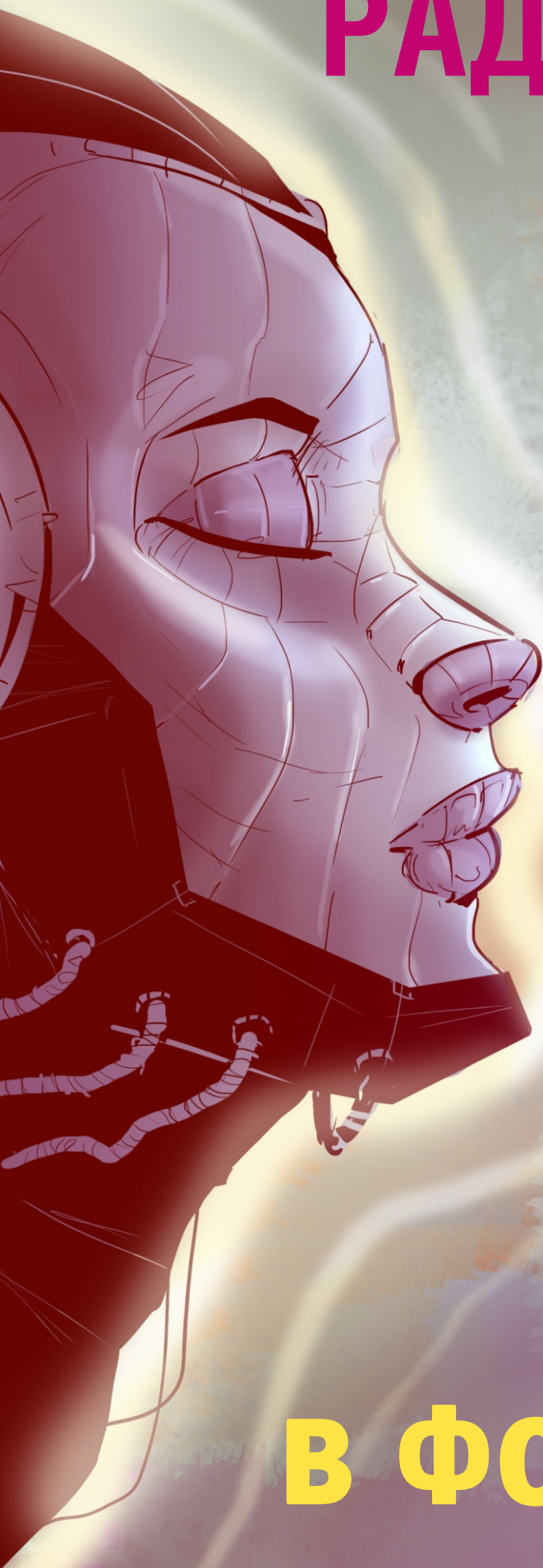
Человеко-машинный
интерфейс осваивает
третье измерение

26

Защита программного
обеспечения устройств,
разработанных на базе
микроконтроллеров с EEPROM

44

ТЕПЕРЬ В ФОРМАТЕ А4



10-12
АПРЕЛЯ 2013

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

**КРОКУС ЭКСПО
МОСКВА**


Approved
Event

ВСЕ ЦВЕТ
ЭЛЕКТРОНИКИ

Е • Х • Р • О 
ELECTRONICA

**16-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ**

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



При участии:

www.expoelectronica.ru

т. (812) 380 6003/07/00, ф. (812) 380 6001, electron@primexpo.ru

Главный редактор:

А. Николаев

**Над номером
работали:**

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

Обложка:

А. Кравчук

Директор:

С. Муратчаев

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

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

Официальные версии
журнала
распространяются
бесплатно и без
регистрации только на
сайте РадиоЛоцман

Оформление
бесплатной подписки:
www.rlocman.ru/magazine

Новости

- 5 Шумопоглощающие компоненты TDK снижают «звон» напряжения в импульсных источниках питания
- 5 Cree анонсировала революционную светодиодную замену галогенным лампам MR16
- 6 Vishay представляет первые в отрасли проволочные резисторы, выдерживающие броски напряжения до 12 кВ
- 7 Компактный модуль озонатора позволяет удалять микробы и устранять запахи в бытовых приборах
- 7 STMicroelectronics представила сверхкомпактный 3-осевой акселерометр со встроенным микроконтроллером
- 8 Скончался основатель International Rectifier Эрик Лидоу
- 9 Elmos предоставила разработчикам микросхему детектора дыма с интерфейсом шлейфа сигнализации
- 9 NXP автоматизирует «Умный дом» с помощью ZigBee и JenNet-IP
- 10 Linear Technology разработала очередной высоковольтный понижающий преобразователь с рабочей частотой до 3 МГц

Статьи

- 13 FRAM повышает производительность и снижает энергопотребление систем на микроконтроллерах
- 17 Протокол высокого уровня CANopen. Часть 1
- 24 Highscreen Alpha GT New: хорошо знакомый смартфон с новым процессором
- 26 Человеко-машинный интерфейс осваивает третье измерение
- 29 Мемристоры имитируют человеческий мозг
- 31 Снижение потерь в схемах защиты входных каскадов ВЧ приемников с ограничителями на Шоттки и PIN диодах
- 37 Конкурс DARPA Robotics Challenge: вызов брошен

Схемы

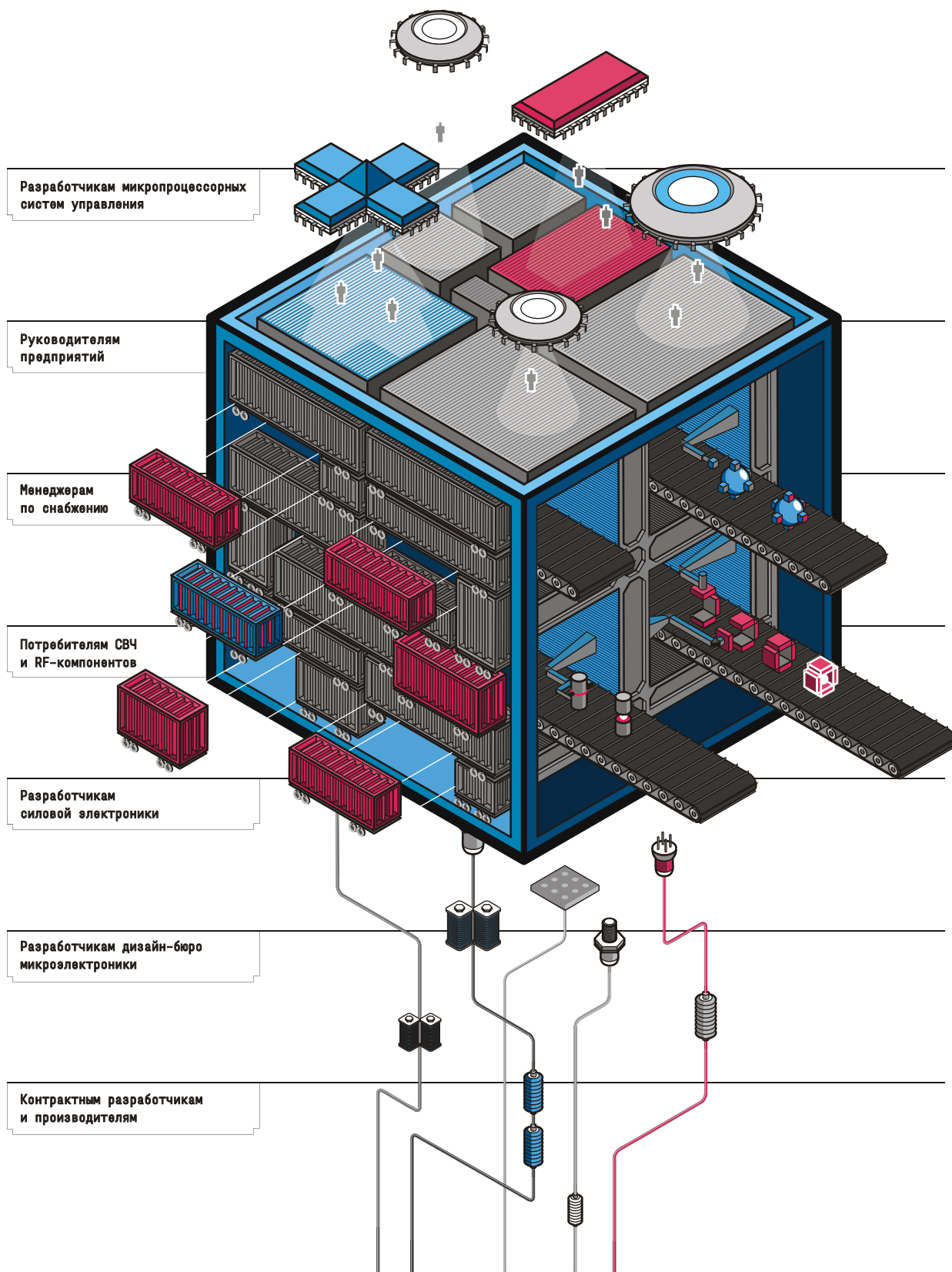
- 42 Диапазон входных напряжений прецизионных усилителей сигналов датчиков тока легко расширить до 180 В
- 44 Защита программного обеспечения устройств, разработанных на базе микроконтроллеров с EEPROM
- 50 Недорогой драйвер мощной нагрузки на микросхеме LM555
- 52 Простой пробник позволяет тестировать цифровые микросхемы

НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

26–28 МАРТА 2013

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

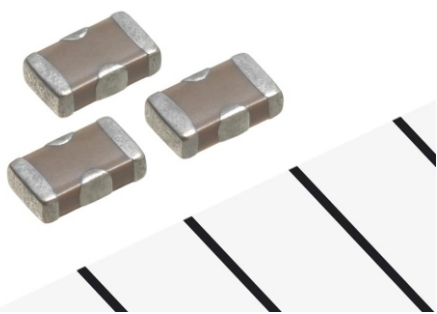
главная российская выставка электронных компонентов и модулей



Шумопоглощающие компоненты TDK снижают «звон» напряжения в импульсных источниках питания

Эффективное подавление «звона» напряжения без снижения энергетического КПД

TDK Corporation разработала серию шумопоглотителей YNA15 в корпусах типоразмера 1005 (по стандарту IEC), предназначенную для подавления «звона» напряжения, который может возникать при работе импульсных источников питания (SMPS). Новые шумопоглотители имеют емкость 0.1 мкФ и рассчитаны на работу при напряжении до 25 В. В зависимости от типа прибора, эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) YNA15 может иметь величину от 50 мОм до 1 Ом. При использовании компонентов с входной стороны SMPS, например, электромагнитные помехи могут быть снижены на 3.5 дБ (примерно в 3 раза). Таким образом, новые приборы эффективно подавляют «звон» напряжения, не влияя на КПД устройства. YNA15 заменяют сразу три компонента: резистор и конденсатор в демпфирующей цепи и развязывающий конденсатор. Продукты запущены в массовое производство.



Особенности конструкции SMPS иногда требуют использования конденсаторов с более высокими значениями ESR, чем у обычных многослойных керамических конденсаторов. С учетом этого обстоятельства TDK разработала такую структуру внутренних электродов, которая позволяет изготавливать шумопоглотители с любой требуемой величиной ESR. В результате, появилась возможность эффективно подавлять элек-

тромагнитные помехи именно в том частотном диапазоне, в котором возникает «звон».

В последние годы в смартфоны и другие портативные устройства интегрируется все больше и больше функций. Это приводит, в свою очередь, к увеличению потребляемой энергии и требует особенно бережного отношения к ее использованию, чтобы сохранить время работы аккумуляторов на приемлемом уровне. Следовательно, шумы, порождаемые источниками питания, должны подавляться минимальным количеством компонентов и без дополнительных потерь мощности. Именно для этих целей TDK создала новую серию приборов YNA15.

Основное применение

- Подавление «звона» напряжения в импульсных источниках питания.

Основные особенности и преимущества

- Структура внутренних электродов позволяет реализовать значения ESR от 50 мОм до 1 Ом.
- Номинальное напряжение 25 В.

Cree анонсировала революционную светодиодную замену галогенным лампам MR16

Последние инновации Cree, использующие источники с одиночным светодиодом, обеспечивают точный контроль оптических параметров, безбликовое освещение и снижение расхода электроэнергии

Потребляя энергии на 80% меньше, и в 8 раз превосходя по сроку службы традиционные 50-ваттные галогенные светильники MR16, лампы Cree LM16 устанавливают новый стандарт светодиодного освещения. Лампы Cree окупаются за 12 месяцев эксплуатации и могут работать годами без ухудшения своих основных технических характеристик. Новые высокоэффективные светодиодные лампы LM16 отличаются лучшей в отрасли равномерностью светового пучка в угле свечения 25° и прекрасно подходят для широкого спектра приложений в торговле, гостиничном и жилищном хозяйстве.

Новые светодиодные лампы LM16 не только полностью соответствуют регламентированному стандарт ANSI форм-фактору традиционных галогенных ламп, но и могут



управляться множеством существующих диммеров и трансформаторов, что позволяет беспрепятственно использовать их в существующих системах освещения. Встроенные цепи защиты и интеллектуальное ПО контроля температуры в комбинации с инновационной безвентиляторной конструкцией обеспечивают лампам длительный срок службы без деградации характеристик.

Эквивалентная 50-ваттной галогенной лампе Cree LM16 создает световой поток 620 лм, потребляя всего 9 Вт. Эквивалент 35-ваттной галогенной лампы имеет световой поток 425 лм при мощности 7 Вт. Новые лампы сконструированы с расчетом на минимальный срок службы 25,000 часов. Яркость эквивалента 50-ваттной лампы может регулироваться до 5% от максимальной мощности. Лампы выпускаются с тремя углами свечения: 17° (точечное освещение), 25° (заливающий свет) и 40° (широкий заливающий свет).

Лампы LM16 LED реализуются через сеть каналов продаж осветительной продукции Cree.

Vishay представляет первые в отрасли проволочные резисторы, выдерживающие броски напряжения до 12 кВ

Vishay Intertechnology представила первую в отрасли серию цементированных проволочных резисторов, выдерживающих броски напряжения до 12 кВ.

Предназначенные для ограничения высоковольтных импульсных бросков тока, устройства Vishay Draloric оптимизированы для источников питания электронных счетчиков,

промышленной и бытовой техники и электронных балластов. Для повышения безопасности при перегрузке резисторы намотаны на высококачественные керамические стержни и защищены негорючим цементным покрытием.

Серия Z300-C отличается высокой импульсной перегрузочной способностью и может выдерживать до 12 кВ в соответствии со стандартом IEC 61000-4-5 (время нарастания/время спада – 1.2 мкс/50 мкс). Предельно допустимая перегрузочная способность зависит от типа резистора и его номинального значения. Резисторы рассеивают мощность от 1 Вт до 6 Вт при температуре окружающей среды 40 °C, и от 0.9 Вт до 5.4 Вт при 70 °C. Серия выпускается с диапазонами номинальных сопротивлений от 0.15 Ом до 10 кОм при допуске $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$. По запросу доступны другие значения. Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) составляет ± 200 ppm/K (± 400 ppm/K для значений сопротивления менее 1 Ом). Серии резисторов Z300-C соответствует требованиям RoHS и природоохранным нормам Vishay.



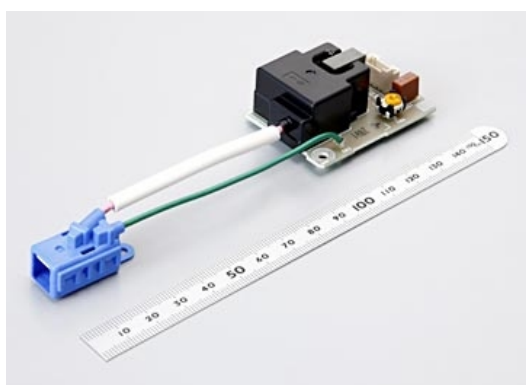
Основные характеристики резисторов:

Тип	Номинальная мощность при $t^\circ=40^\circ\text{C}$ (Вт)	Номинальная мощность при $t^\circ=70^\circ\text{C}$ (Вт)	Диапазон сопротивлений (Ом)
Z301-C	1	0.9	0.30...2 кОм
ZDA0411-C	2	1.8	0.47...4.3 кОм
Z301-C	3	2.5	0.22...3.3 кОм
Z301-C	4	3.5	0.47...3.9 кОм
Z301-C	5	4.7	0.62...5.6 кОм
Z301-C	6	5.4	0.15...10 кОм

Отдельные образцы и партии Z300-C доступны уже сегодня, при сроках поставки для крупных заказов от 8 до 10 недель.

Компактный модуль озонатора позволяет удалять микробы и устранять запахи в бытовых приборах

Компания Murata создала ультракомпактный модуль озонатора MNM500, выполненный на основе элемента из спекаемой при низкой температуре керамики (LTCC). Комбинация разрядного электрода и диэлектрика в единой сборке LTCC создает стабильный поток озона. Изготавливаемые внутри элемента LTCC электроды имеют большой срок эксплуатации.



Состоящий из элемента LTCC и модуля питания, MNM500 может использоваться для выработки озона в разнообразных потребительских, промышленных и автомобильных устройствах. Бактерии могут размножаться во многих приборах, таких как холодильники и посудомоечные машины, вызывая плесень и запахи, создающие потенциальную опасность для здоровья. Ранее генерирующие озон устройства были слишком большими и дорогими для включения их в состав бытовой техники, но теперь компактный модуль MNM500 делает это возможным.

Размеры элемента озонатора составляют 14.2 31.5 17 мм, а модуля питания 36 50 24 мм. Модуль работает от постоянного напряжения +12 В и потребляет мощность всего лишь порядка 1 Вт. Максимальная производительность генерации озона составляет 2.5 мг/ч. Входной сигнал удаленного управления контролирует работу устройства без необходимости использования выключателя питания. Высоковольтный выход модуля питания имеет схему защиты от перегрузки, позволяющую изолировать элемент питания в случае неисправности.

Среди других потенциальных областей применения озонатора можно выделить автомобильные интерьеры, медицинские приборы и аксессуары для домашних животных.

STMicroelectronics представила сверхкомпактный 3-осевой акселерометр со встроенным микроконтроллером

В корпусе интеллектуального датчика объемом 9 мм³ совмещаются функции определения движения и обработки данных

Компания STMicroelectronics раскрыла подробности, относящиеся к миниатюрному интеллектуальному датчику, совмещающему в сверхкомпактном корпусе LGA размером 3 3 1 мм 3-осевой акселерометр и встроенный микроконтроллер для расширения возможностей определения движения.



ST объединила в одном корпусе микроконтроллер, работающий в качестве концентратора сигналов с датчиков и реализующий алгоритмы обработки этих сигналов, с высокоточным 3-осевым цифровым акселерометром. Этот модуль получил название iNEMO-A. Устройство устраняет необходимость в хост-контроллере и процессоре приложений и снижает потребление энергии в портативных устройствах. Это позволяет достичь большей свободы и гибкости при проектировании

потребительской электроники с возможностью определения движения. Интеграция функции определения прямолинейного движения с высоким разрешением и концентратора в одном корпусе повышает надежность системы и идеально подходит для оптимизации разводки печатной платы.

Интеллектуальный датчик LIS331EB iNEMO-A предназначен для широкого спектра приложений, включающего носимые сенсоры, различающие движения пользовательские интерфейсы телефонов и планшетов и приложения дополнительной реальности. В устройство встроен малопотребляющий микроконтроллер ARM Cortex-M0 с функциональными возможностями, энергопотреблением и размером памяти, полностью соответствующими требованиям приложений концентраторов данных с датчиков и обработки этих данных. Концентратор поддерживает соединение с 3-осевым гироскопом, 3-осевым магнитометром и датчиком давления для реализации полноценной комбинированной системы обработки сигналов. Дополнительно могут быть подключены датчики температуры или влажности.

3-осевой акселерометр в составе LIS331EB iNEMO-A имеет выбираемые диапазоны измерения линейных ускорений $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$ и совмещен с малопотребляющим микроконтроллером ARM Cortex-M0 с флеш-памятью объемом 64 КБ, 128 КБ ОЗУ, несколькими таймерами и портами ввода/вывода (порты ввода/вывода общего назначения, SPI, I²C, UART).

Образцы интеллектуального датчика LIS331EB будут доступны во втором квартале 2013 года. Цена за штуку при заказе партии свыше 1000 компонентов составит \$2.4.

Скончался основатель International Rectifier Эрик Лидоу

Don Tuite

Electronic Design

19 января 2013 года в возрасте 100 лет скончался Эрик Лидоу (Eric Lidow), основатель и председатель совета директоров ком-

пании International Rectifier. Он пережил Третий рейх более чем на 60 лет.



Эрик Лидоу

Лидоу родился в столице Литвы Вильнюсе, но диплом магистра получил в Техническом университете Берлина. Будучи одним из основателей Берлинского сионистского общества, он призывал других евреев покинуть Германию, не дожидаясь начала Холокоста, и принимал активное участие в отправке их за границу. Сам же Эрик приехал в Нью-Йорк в октябре 1937 года с фотоаппаратом Лейка и 14 долларами в кармане.

В 1939 году он основал в Лос-Анджелесе свою первую полупроводниковую компанию Selenium Corporation of America (Селеновая корпорация Америки), используя арендованное оборудование, установленное в подсобном помещении фотостудии. Компания выпускала весьма совершенные для своего времени изделия силовой электроники, и была продана Sperry Corporation в 1946 году.

В том же году с помощью Красного Креста Лидоу разыскал своих родителей, сумевших пережить войну, и перевез их в США. Со своим отцом Леоном он и основал компанию International Rectifier. Инноватор и глобалист, он руководил созданием всех новых полупроводниковых приборов.

По мере развития компании, в 1950-х годах Лидоу начал создавать совместные предприятия в Европе и Японии, причем, нередко это были первые полупроводниковые производства в стране. В 1960-х годах он организовал партнерские фирмы в Индии и Китае.

Уходя в 2008 году с поста председателя совета директоров, в интервью, данном Electronic Design, Лидоу сказал: «Создание и

развитие компании было для меня величайшим источником гордости. В то время как работа в International Rectifier была, прежде всего, моим увлечением новыми технологиями, для людей наша продукция стала жизненной необходимостью».

Elmos предоставила разработчикам микросхему детектора дыма с интерфейсом шлейфа сигнализации

Выпуском микросхемы E520.32 немецкая компания Elmos предоставила разработчикам полностью программируемую платформу для создания оптических детекторов дыма с интерфейсом охранного шлейфа.



Чтобы создать законченный пожарный извещатель, к этой адресуемой аналоговой интегральной схеме нужно добавить всего несколько внешних компонентов. Микросхема содержит сильноточный драйвер управления ИК светодиодом и усилитель сигнала фотодиода с высокоимпедансным входом. Для питания микросхемы достаточно тока 88 мкА. Для конфигурирования микросхемы в нее интегрированы Flash-память объемом 4 КБ и 32 байта EEPROM.

Интерфейс двухпроводного шлейфа рассчитан на напряжение от 8 до 50 В. Конфигурируемый драйвер светодиода может отдавать ток до 200 мА, а широкодиапазонный приемник фототока уверенно усиливает сигналы от 1.5 до 45 нА. Большое быстродействие приемника и 10-разрядного АЦП позволяют использовать короткие импульсы передатчика, обеспечивая высокую скорость обнаружения. Узкополосный фильтр усили-

теля сводит к минимуму воздействие внешних помех и вероятность возникновения ложных тревог. Формированием импульсов передатчика и обработкой принятых сигналов управляет интегрированный 8-разрядный микроконтроллер. Конфигурируемость E520.32 позволяет гибко оптимизировать характеристики системы, в которой к одному шлейфу может быть подключено до 255 адресуемых детекторов. Микросхема работоспособна в диапазоне температур от -55 °C до +85 °C. Прибор поставляется в 14-выводном корпусе SOIC.

NXP автоматизирует «Умный дом» с помощью ZigBee и JenNet-IP

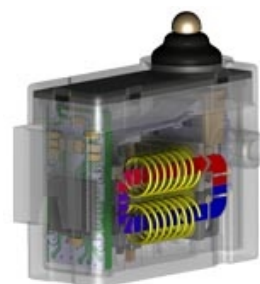
Доступны для приобретения беспроводные микроконтроллеры JN516x и отладочные наборы

NXP Semiconductors сообщила о начале поставок семейства беспроводных микроконтроллеров JN516x для Интернета вещей, а также призванного облегчить коммерческое внедрение ZigBee,

JenNet-IP и других приложений стандарта IEEE 802.15.4 оценочного набора JN516x-EK001, содержащего все необходимые разработчику аппаратные и программные компоненты.

В набор включен ряд демонстрационных приложений, таких, как интеллектуальная система освещения на основе JenNet-IP, несколько вариантов систем интеллектуального управления энергией, использующих ZigBee Smart Energy, ZigBee Light Link и система дистанционного управления RF4CE.

Одним из множества примеров применения беспроводных микроконтроллеров NXP является переключатель компании Cherry,



который может использоваться в качестве сетевого узла в любом доме, где есть выключатели электрического освещения. Устройство работает без батарей, извлекая энергию нажатия на выключатель и используя ее для питания радиопередатчика.

Ускорение коммерческого внедрения приложений стандартов ZigBee, JenNet-IP и 802.15.4

Оценочный набор JN516x-EK001 разработан специально для использования с беспроводными микроконтроллерами NXP JN5161, JN5164 или JN5168, основанными на усовершенствованной 32-разрядной RISC архитектуре с лучшими в своем классе опциями памяти – 256 КБ флеш, 4 КБ EEPROM и 32 КБ RAM. Кроме того, серия JN516x содержит трансивер стандарта IEEE802.15.4 2.4-ГГц и расширенный набор цифровой периферии.



Предоставляя разработчику все компоненты, необходимые для создания системы, оценочный набор JN516x-EK001 включает в себя

- несколько беспроводных несущих плат,
- платы расширения,
- USB-dongle с приемопередатчиком и интегрированной антенной,
- пульт дистанционного управления,
- запрограммированный под конкретные функции Интернет роутер Cisco с усовершенствованной прошивкой OpenWRT,
- полный комплект ПО.

Этот всеобъемлющий набор намного облегчит реализацию решений в области

Интернета вещей, основанных на стандартах ZigBee, JenNet-IP или RF4CE.

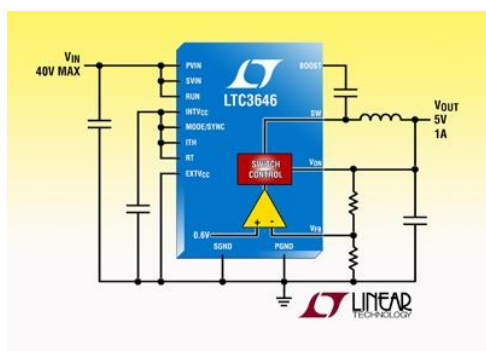
С помощью входящих в набор разнообразных демонстрационных приложений разработчик может быстро проверить правильность принятой концепции и выпустить готовый продукт, использующий микросхемы JN516x или модули с этими микросхемами и предназначенное для них ПО. Набор примеров содержит:

- Основанное на JenNet-IP демонстрационное приложение Smart Lighting, использующее роутер для поддержки соединений с WLAN или Интернет.
- Демонстрационное приложение ZigBee Smart Energy для экспериментов с порталом поставщика энергии (с использованием USB-dongle), с автономными счетчиками расхода электроэнергии и газа, использующими прилагаемую плату ЖК-дисплея, или с расширителем диапазона.
- Демонстрационное приложение ZigBee Light Link для дистанционного управления цветными светодиодами на прилагаемой плате расширения
- Демонстрационное приложение RF4CE, позволяющее пользователю управлять приложениями Windows Media Player (выбор записи, воспроизведение, пауза, ускоренная перемотка, регулировка громкости).

Linear Technology разработала очередной высоковольтный понижающий преобразователь с рабочей частотой до 3 МГц

Linear Technology анонсировала понижающий DC/DC преобразователь с допустимым входным напряжением до 40 В и долговременным выходным током до 1 А. Микросхема LTC3646 выпускается в корпусе DFN-14 размером 3 × 4 мм, или в корпусе MSOP16 с уменьшенным тепловым сопротивлением. Диапазон входных напряжений прибора,

составляющий 4...40 В, идеально соответствует требованиям автомобильных и промышленных приложений. В LTC3646 использована уникальная архитектура с контролируемым временем открывания транзисторов, благодаря которой напряжение 36 В можно понижать до 3.3 В при частоте переключения, превышающей 2 МГц, что позволяет не допускать появления коммутационных шумов в критических частотных диапазонах, таких, скажем, как диапазон АМ-радиовещания. Преобразователь способен сохранять малое время отклика даже при коэффициенте заполнения импульсов менее 10%. Внутренний синхронный выпрямитель обеспечивает КПД свыше 95%.



В микросхему LTC3646 встроены силовые ключи верхнего плеча и синхронного выпрямителя, что позволило повысить эффективность преобразователя при токах до 1 А. Внутренняя частота переключения программируется в диапазоне от 200 кГц до 3.0 МГц или синхронизируется внешней частотой. Сочетанием малых коммутационных потерь и низкого собственного тока потребления, равного 140 мкА, обеспечивается высокий КПД в очень широком диапазоне токов нагрузки. Для снижения помех в чувствительных к шумам приложениях LTC3646 может использоваться в принудительном режиме непрерывной проводимости.

Стандартные приборы LTC3646 имеют диапазон выходных напряжений от 2.0 до 30 В, в то время как версия LTC3646-1 рассчитана на напряжения от 0.6 до 15 В. Специальные функции одинаковы для обоих приборов. Это схема мягкого запуска, внутренняя цепь частотной коррекции и надежная защита от короткого замыкания.

Цены микросхем LTC3646EDE/-1 и LTC3646EMSE/-1 в обоих корпусах начинаются с \$2.85 за штуку. На версии с расширенным диапазоном рабочих температур (LTC3646IDE/-1 и LTC3646IMSE/-1) установ-

лены цены от \$3.14 за штуку. Наконец, высокотемпературные варианты (LTC3646HDE/-1 и LTC3646HMSE/-1) продаются по цене от \$3.39 за штуку. Все цены указаны для партий от 1000 приборов. Микросхемы любых версий доступны для приобретения со склада компании.

Сводка основных характеристик LTC3646/-1:

- Широкий диапазон входных напряжений: 4.0...40 В (максимально допустимое значение 45 В)
- Гарантируемый входной ток 1 А
- Высокий КПД: до 95%
- Широкий диапазон выходных напряжений:
 - LTC3646: 2.0 ... 30 В
 - LTC3646-1: 0.6 ... 15 В
- Режим работы на фиксированной частоте 2 МГц с коэффициентом заполнения до 6%
- Точность источника опорного напряжения +1%
- Внутренняя или внешняя частотная коррекция
- Настраиваемая в диапазоне 200 кГц...3 МГц частота переключения с возможностью внешней синхронизации
- Возможность выбора между высокоэффективным режимом генерации пачек и принудительным режимом непрерывной проводимости
- 14-выводной корпус DFN размером 3 × 4 мм, или 16-выводной корпус MSOP с уменьшенным тепловым сопротивлением.

настоящее немецкое качество

Testboy
GmbH, Germany

контрольно-
измерительное
оборудование



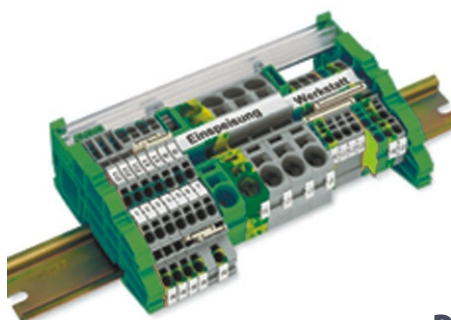
»»JOKARI®
original

инструмент для
разделки кабеля
и снятия изоляции



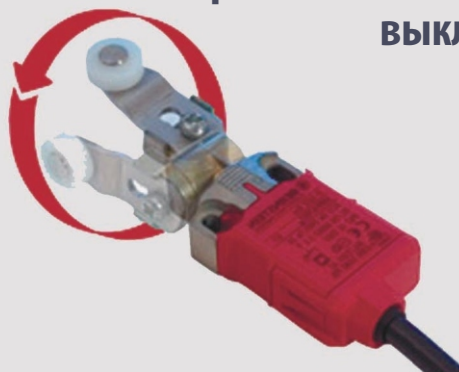
WAGO®
INNOVATIVE CONNECTIONS

клеммы
на DIN рейку
и для печатных плат



BERNSTEIN
safe solutions

промышленные корпуса
выключатели
датчики



ДЕЦИМА

ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ

WWW.DECIMA.RU

МОСКВА, ЗЕЛЕНОГРАД, +7(495) 988-4858

FRAM

повышает производительность и снижает энергопотребление систем на микроконтроллерах

Maury Wright, Electronic Products

Digi-Key

Flash-память является практически единственным средством хранения программного кода, на которое могут рассчитывать сегодня разработчики микроконтроллерных систем, что объясняется достижениями изготовителей ИС в масштабировании технологического процесса, позволяющими интегрировать в микроконтроллер достаточно большие массивы Flash. Однако Flash-память далека от совершенства, и некоторые типы энерго-независимой памяти, например, сегнетоэлектрические ОЗУ (FRAM), значительно превосходят Flash, потребляя намного меньше энергии, допуская побитное обращение, подобное динамическому ОЗУ, и существенно опережая ее по скорости доступа, особенно в режиме записи. Несмотря на то, что стоимость FRAM высока, а емкость несопоставима с Flash, FRAM может оказаться полезной в тех случаях, когда ключевыми требованиями приложения являются низкое потребление и высокая производительность.

Прежде всего, давайте кратко рассмотрим, как работает FRAM. Ячейка FRAM устроена также, как ячейка динамического ОЗУ (DRAM), в том смысле, что для хранения каждого бита используется один конденсатор и один транзистор. Но в ячейке FRAM используется сегнетоэлектрический материал, способный длительное время сохранять поляризованное состояние, для поддержания которого не требуется ни регенерация, ни внешнее напряжение питания. На сегодняшний день производители полупроводников по ряду причин не смогли масштабировать FRAM до уровней плотности динамического ОЗУ или

Flash-памяти. Основная сложность связана с тем, что сегнетоэлектрический материал в определенном смысле чужероден технологическому процессу изготовления полупроводников. Такие материалы теряют сегнетоэлектрические свойства при уменьшении их размеров, а для достижения более высокой плотности и, соответственно, повышения объема памяти, требуется сокращение площади ячеек.

Поскольку мы начали с недостатков, вы можете спросить, зачем же вообще связываться с сегнетоэлектрической памятью? Ответ прост. Если не принимать во внимание сложности технологического характера, FRAM лучше Flash практически во всех отношениях. Flash-память требует высокого напряжения для записи данных, что приводит к росту потребления энергии, а также к увеличению длительности цикла записи. FRAM характеризуется временем доступа, сравнимым с DRAM, низким энергопотреблением и неограниченным количеством циклов перезаписи.

Другие ограничения Flash-памяти

Flash-памятью может также быть причиной головной боли программистов. Вы не можете просто перезаписать данные во Flash. Как правило, нужно записать новое значение в новом блоке Flash-памяти и в какой-то момент вернуться назад и стереть старый блок для повторного использования, конечно же, после организации перемещения всех важных данных из старого блока в

новый. Большинство производителей микроконтроллеров для решения этой задачи оставляют библиотеки кодов. Тем не менее, с точки зрения размера кода, Flash-память изначально неэффективна.

Запись и чтение FRAM может выполняться побитно. Программистам, работающим с массивом FRAM, не придется беспокоиться о разделении областей памяти данных и кода. Можно использовать универсальную карту распределения памяти и даже динамически выделять участки памяти для кода или данных, если этого требует приложение.

Если бы стоимость и плотность FRAM смогли приблизиться к Flash, вероятно мы стали бы свидетелями повсеместного перехода к ее активному использованию. Но пока этого не произошло, вы должны руководствоваться четким пониманием плюсов и минусов этого вида памяти.

На сегодняшний день воспользоваться преимуществами FRAM вы можете двумя способами. Ряд компаний, включая Fujitsu Semiconductor и Ramtron, выпускают специализированные микросхемы FRAM, которые

могут использоваться совместно с микроконтроллерами со встроенной памятью различных типов. Компания Texas Instruments (TI), тем временем, интегрировала FRAM в некоторые свои 16-разрядные микроконтроллеры семейства MSP430 [1].

Микросхемы FRAM памяти

Давайте в первую очередь рассмотрим микросхемы FRAM памяти. Возглавляют линейку продуктов Fujitsu микросхемы MB85R1002ANC-GE1 (память емкостью 1 Мбит с организацией 64 Кбит 16) и MB85R1001ANC-GE1 (память емкостью 1 Мбит с организацией 128 Кбит 8). Микросхемы имеют 8-разрядный параллельный интерфейс, время доступа составляет 150 нс.

Компания также выпускает микросхемы FRAM с последовательным интерфейсом, что позволяет сократить количество выводов, необходимых для подключения к микроконтроллеру. Максимальная емкость выпускаемых компанией микросхем с интерфейсом SPI составляет 256 Кбит в конфигурации

Семейство FRAM До 24 МГц	4 – 16 КБ FRAM	Аналоговая периферия
	1 КБ SRAM	АЦП: 10 кан. 10 бит 14 кан. 10 бит
	Датчик температуры	Компаратор В
Таймеры	Система	Интерфейсы
До 5 16-битных таймеров	Модуль управления питанием	33 входа/выхода общего назначения
До 3 регистров сравнения/захвата в каждом	Схема сброса по снижению напряжения питания	USCI: Кан. А: UART, LIN, IrDA, SPI Кан. В: I2C, SPI
Сторожевой таймер	Аппаратный умножитель	
Часы реального времени (RTC)	Контроллер прямого доступа к памяти (DMA)	
	Супервизор напряжения питания (SVS)	
	Устройство защиты памяти (MPU)	

Рисунок 1. Микроконтроллеры серии MSP430FR57xx содержат энергонезависимую FRAM объемом 128 Кбит. Микросхемы этого семейства снабжены разнообразной периферией, включая многоканальный 10-битный АЦП.

32 Кбит 8 (MB85RS256APNF-G-JNE1). Интерфейс SPI работает на частоте 25 МГц, которая и определяет эффективное время доступа к памяти. Микросхемы с интерфейсом I²C выпускаются с максимальной емкостью 128 Кбит в конфигурации 16 Кбит 8 (MB85RC128PNF-G-JNE1) и работают на частоте 400 кГц.

Компания Ramtron предлагает микросхемы с большей емкостью и большей скоростью. Например, микросхема FM23MLD16-60-BGTR может хранить данные объемом 8 Мбит, организованные в 512K 16-разрядных слов. Память подключается к микроконтроллеру по параллельному интерфейсу и имеет время доступа 60 нс. Микросхемы Ramtron с интерфейсом SPI могут работать на частоте 40 МГц и имеют максимальную емкость 2 Мбит (FM25V20-DGTR), а микросхемы с интерфейсом I²C и рабочей частотой 3.4 МГц имеют емкость 1 Мбит (FM24V10-GTR).

Добавление одной из вышеперечисленных микросхем памяти к микроконтроллеру может повысить производительность системы и упростить программный код. Кроме того, добавляя внешнюю микросхему FRAM,

вы можете получить дополнительное снижение энергопотребления, в сравнении с системой, реализованной на микроконтроллере со встроенной памятью. Можно выбрать микроконтроллер с минимальным объемом встроенной Flash-памяти, и большинство операций перенести на FRAM. Тем самым, сокращается количество весьма энергозатратных операций записи.

FRAM микроконтроллеры

Теперь давайте перейдем к микроконтроллерам с интегрированной FRAM. Это даст вам более полное представление о способах снижения энергопотребления и уровне сложности приложений, которые можно реализовать на таких микроконтроллерах с ограниченным объемом встроенной FRAM.

TI интегрировала FRAM в небольшую группу 16-разрядных микроконтроллеров семейства MSP430. Компания позиционирует эти приборы как 16-разрядные с ценой и мощностью потребления 8-разрядных микроконтроллеров. В устройства серии MSP430FR57xx (Рисунок 1) интегрирована память FRAM с объемом в старших моделях до 128 Кбит (16 Кбит 8), разнообразная периферия и многочисленные интерфейсы ввода/вывода.

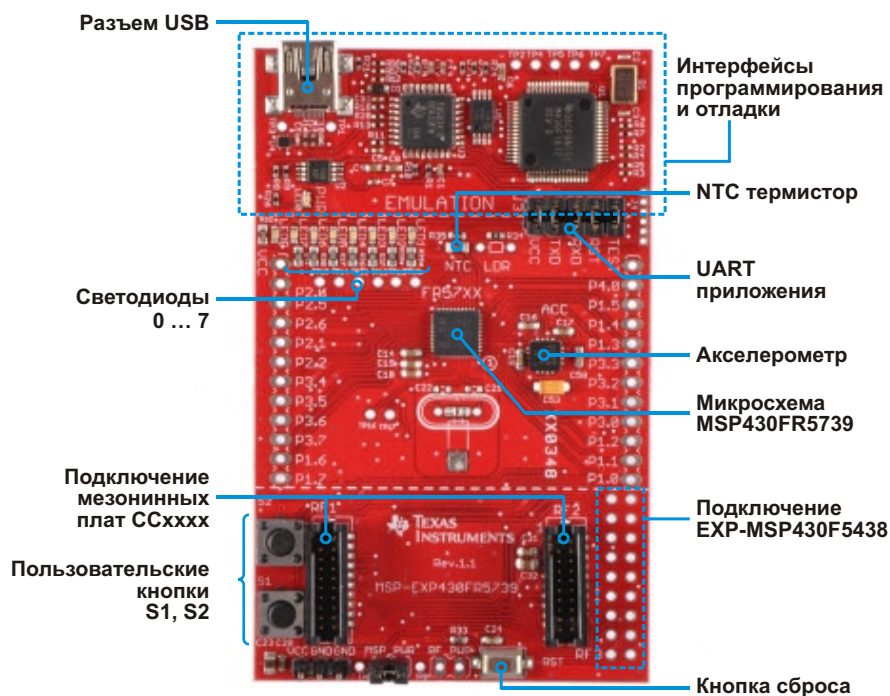


Рисунок 2. Оценочная плата MSP-EXP430FR5739 содержит трехосевой акселерометр, термистор, светодиоды, кнопки, а также разъем расширения для подключения дочерних плат.

В состав работающей на частоте 24 МГц линейки FRAM микроконтроллеров входят устройства с количеством линий ввода/вывода от 17 до 33. Большинство из них имеют интегрированный 10-битный АЦП с максимальным количеством каналов 14. Как правило, все микроконтроллеры содержат ШИМ, схему сброса при подаче питания, сторожевой таймер и коммуникационные интерфейсы SPI, I²C и UART.

Реальные преимущества FRAM проявляются в активном режиме, потребление энергии в котором составляет 82 мкА/МГц. Многие микроконтроллеры семейства MSP430 с Flash-памятью потребляют в активном режиме в два-три раза больше. Справедливости ради надо отметить, что специальные низковольтные серии микроконтроллеров с Flash-памятью потребляют энергии на 50% меньше, однако их рабочая частота не превышает 4 МГц.

В настоящее время компания начала выпуск FRAM микроконтроллеров нового поколения серий MSP430FR58xx и MSP430FR59xx.

Оценочные наборы

Для оценки возможностей микроконтроллеров и технологии FRAM TI предлагает несколько интересных наборов. Оценочная плата MSP-EXP430FR5739 (Рисунок 2) выполнена на микроконтроллере MSP430FR5739 с интегрированной FRAM емкостью 128 Кбит. Дополнительно, на плате установлены акселерометр и термистор, которые могут оказаться полезными в типовых приложениях.

В отладочный набор MSP-FET430U40A включены Flash эмулятор и программатор, по иронии судьбы, не нужные для работы с двумя входящими в комплект FRAM микроконтроллерами. Впрочем, комплект содер-

жит USB интерфейс отладчика, который будет полезен при разработке систем. Конструкторам беспроводных устройств пригодится набор CC3000 Wi-Fi MSP430 FRAM, представляющий собой комбинацию платы из отладочного комплекта и установленного на нее мезонинного Wi-Fi модуля.

Тем, кого интересуют другие технологии, альтернативные Flash, следует обратить внимание на магниторезистивные ОЗУ (MRAM), преимущества которых перед Flash во многом похожи на FRAM. Пока никто из производителей не предлагает микроконтроллеров с интегрированной MRAM, но отдельные микросхемы памяти емкостью до 16 Мбит выпускает компания Everspin Technologies [2].

Заключение

Flash-память была и будет оставаться жизненно важной основой широкого спектра приложений, прежде всего, вследствие ее низкой стоимости и исключительно высокой плотности упаковки на кристалле. Но из этого не следует, что правильным выбором всегда будет только Flash. Вы сможете убедиться, что в отдельных случаях использование FRAM может привести к сокращению энергопотребления и росту производительности, и даже, вполне вероятно, к снижению стоимости конечной системы. Кроме того, отсутствие необходимости обслуживания Flash-памяти намного упрощает программный код, и вполне может оказаться, что вашему приложению хватит небольшого объема памяти FRAM. **РЛ**

Ссылки по теме

1. «Особенности применения FRAM микроконтроллеров Texas Instruments». РадиоЛоцман, 2012, апрель, стр. 20.
2. «Быстродействие магниторезистивной памяти компании Everspin в 500 раз превосходит NAND flash». РадиоЛоцман, 2012, ноябрь, стр. 11.

Протокол высокого уровня CANopen



Часть 1

Михаил Русских

Приводятся основные положения и правила работы протокола CANopen, описываются основные элементы и коммуникационные объекты протокола, поясняются правила организации связи на основе этих объектов.

В наше время насчитывается большое количество интерфейсов последовательной передачи данных. Некоторые из них, например, RS-232, USB, SPI, приобрели огромную популярность благодаря своим характеристикам или простоте использования. Другие же не нашли столь широкого распространения в электронных системах. К ним можно отнести IEEE 1394, RS-449, X.21. Некоторые стандарты последовательных интерфейсов и вовсе быстро забывались после их разработки, чего нельзя сказать о стандарте CAN (Controller Area Network), разработанном в 1987 году немецкой компанией Robert Bosch GmbH и ставшим, пожалуй, самым популярным интерфейсом последовательной пере-

дачи данных в автомобильной отрасли и промышленном оборудовании. Благодаря высокой надежности, довольно высокой скорости передачи данных (до 1 МБ/с) и гибкости настройки и применения, этот интерфейс поддерживается множеством электронных устройств (промышленные контроллеры, микроконтроллеры, специализированные микросхемы, датчики). На сегодняшний день последней версией протокола является CAN 2.0b.

Стандарт CAN описывает поведение сигналов на низком уровне, причем в отрыве от физического уровня, то есть для передачи данных могут использоваться различные

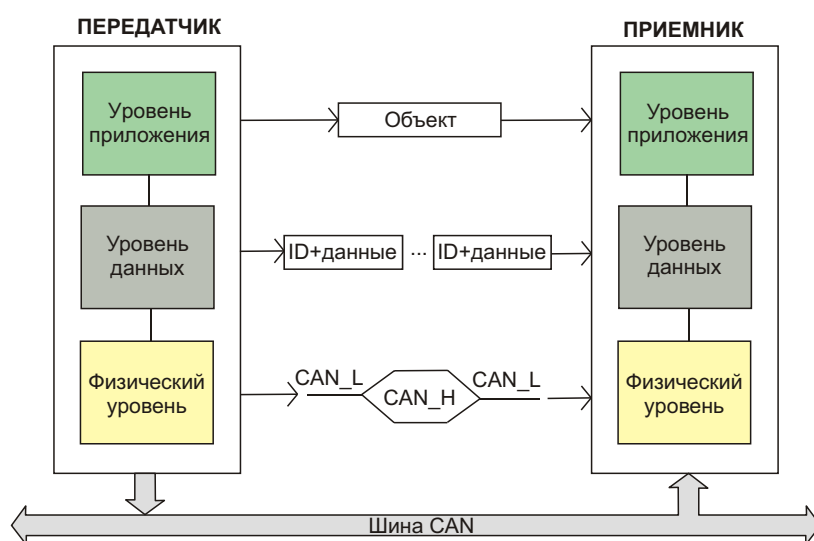


Рисунок 1. Коммуникационные уровни при соединении двух узлов.

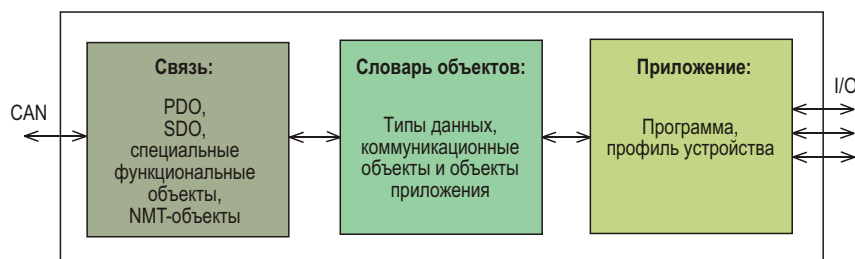


Рисунок 2. Модель устройства с интерфейсом CANopen.

среды (медный кабель, оптоволокно и т.п.). Для ускорения проектирования сетей на основе CAN и стандартизации работы таких сетей был разработан протокол высокого уровня CANopen. Он получил широкое распространение в промышленном оборудовании, транспортных средствах, медицинском оборудовании, системах «умный дом». Этот протокол является открытым, и документация по его использованию доступна каждому. DS.301 представляет собой основной документ, в котором описаны основные положения и принципы работы CANopen. В связи с тем, что протокол ориентирован на использование в составе различных классов устройств, в документах CiA DS-4xx регламентируется работа CANopen в каждом из них. Так, например, CiA 412 относится к медицинскому оборудованию, а CiA 417 – к системам управления лифтами.

Топология сети CAN, принципы ее работы и форматы кадров подробно описаны в [1] и [2], поэтому не имеет смысла повторяться, а стоит перейти непосредственно к рассмотрению протокола высокого уровня CANopen на базе данной сети. На Рисунке 1 показана функциональная схема связи двух узлов с помощью шины CAN и протокола CANopen.

Основной функциональной единицей протокола является объект. Под объектом может пониматься набор данных, несущих информацию о параметрах (например, показания датчика температуры), конфигурации узла или сети, возникших ошибках и т.п. Поэтому для устройства (узла) необходимым условием работы в сети является наличие словаря, представляющего собой группу доступных в определенном порядке объектов. По своей сути, словарь объектов – это связующее звено между приложением и передаваемой на физическом уровне информацией (Рисунок 2). С каждым устройством, использующим интерфейс CANopen, производитель должен предоставить файл с расширением

*.eds (Electronic DataSheet), содержащий словарь объектов и дополнительную информацию.

CANopen-устройство имеет три условных составляющих: программный модуль обработки протокола и пакетов интерфейса, словарь объектов и программное обеспечение на уровне приложения. Модуль обработки протокола непосредственно отвечает за передачу и прием коммуникационных объектов по шине. Словарь объектов описывает все типы данных, коммуникационные объекты и объекты приложения, используемые в данном устройстве. Программное обеспечение на уровне приложения выполняет функции внутреннего управления и обеспечивает связь с другими устройствами, не использующими шину CAN.

Каждый объект в словаре имеет 16-разрядный индекс и 8-разрядный подиндекс. С помощью них можно сослаться на данный объект. В Таблице 1 показан пример описания идентификационного объекта, содержащего основную информацию об устройстве.

Таблица 1

Индекс	Подиндекс	Описание	Тип данных
1018h	0	Число записей	Unsigned8
	1	ID производителя	Unsigned32
	2	Код продукта	Unsigned32
	3	Номер ревизии	Unsigned32
	4	Серийный номер	Unsigned32

Протокол CANopen предполагает существование следующих типов объектов:

- Сервисные объекты данных (SDO);
- Объекты данных процесса (PDO);
- Специальные функциональные объекты: объект синхронизации (SYNC), временная метка, срочное сообщение (EMCY);
- Объекты управления сетью (NMT): NMT-сообщение, сообщение загрузки (boot-up), объект контроля ошибок.

SDO обеспечивают доступ к элементам словаря объектов, то есть, с помощью SDO можно читать и записывать информацию в словарь объектов. При связи посредством SDO между двумя устройствами устанавливается соединение типа «точка-точка», причем будет реализована клиент-серверная модель коммуникации, где устройство-клиент передает необходимое сообщение, а устройство-сервер выдает соответствующий этому сообщению ответ, в соответствии со схемой, изображенной на Рисунке 3.

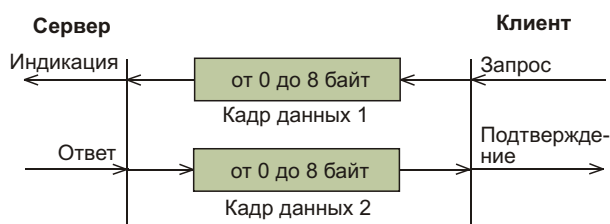


Рисунок 3. Клиент-серверная модель.

При организации SDO-связи клиент с помощью мультиплексора, содержащего индекс и подиндекс объектного словаря, может предоставлять серверу определенный набор данных, которые будут передаваться. В основном передача SDO реализуется как сегмент-трансферт (segment transfer), при котором передается последовательность сегментов в количестве до 127. Непосредственно до передачи осуществляется стадия подготовки, когда клиент и сервер готовятся к обмену. Если необходимо передать объект размером до 4 байт, такой обмен может быть реализован на стадии инициализации, он также называется ускоренный трансферт (expedited transfer). Существует еще один тип передачи – блок-трансферт (block transfer). При этом передается набор

блоков, каждый из которых состоит из 127 сегментов. Один сегмент содержит данные и свой порядковый номер в блоке. SDO описывается параметром связи, определяющим коммуникационные настройки SDO. Эти параметры связи расположены по специально отведенным адресам, и их индексы для SDO-сервера (SSDO) и SDO-клиента (CSDO) вычисляются по следующим правилам:

- Индекс параметра связи
 $SSDO = 1200h + \text{№SSDO} - 1;$
- Индекс параметра связи
 $CSDO = 1280h + \text{№CSDO} - 1.$

Сервисы, реализующие SDO-передачу, могут быть следующими:

- Загрузка на SDO-сервер (download), состоящая из этапа инициализации загрузки и непосредственно загрузки сегментов;
- Выгрузка с SDO-сервера (upload), состоящая из этапа инициализации выгрузки и непосредственно выгрузки сегментов;
- Аварийное завершение передачи SDO.

Для непосредственной передачи полезных данных технологического процесса (температура, скорость, ток, напряжение и т.п.) в реальном времени используются PDO. Передача PDO осуществляется широкополосно, при этом применяется модель производитель-потребитель (producer-consumer), изображенная на Рисунке 4.

В объектном словаре различаются два типа PDO – для передачи данных (TPDO) и для приема (RPDO). Устройства, в конкретный момент времени выдающие PDO на шину, называются производителями, а принимающие эти PDO – потребителями. PDO также описываются в объектном словаре

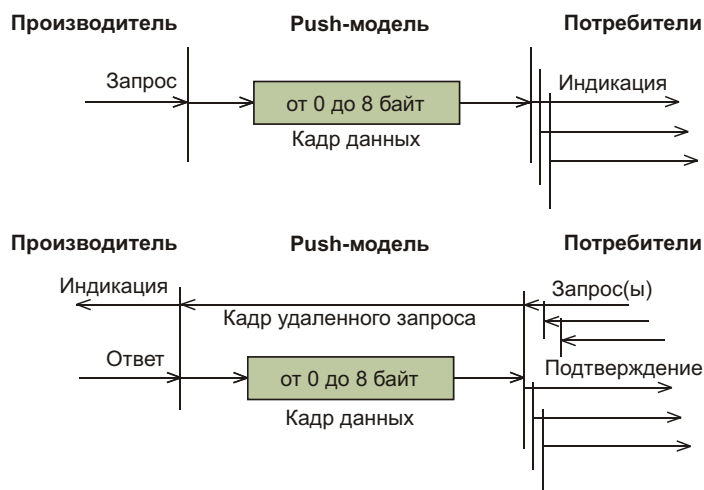


Рисунок 4. Модель производитель-потребитель.

устройства. Типы данных и отображение объектов в PDO описываются структурой, называемой PDO-отображение (PDO-mapping). С помощью SDO на стадии инициализации можно изменить количество PDO и отображение объектов внутри них. Все PDO описываются структурным параметром (или параметром отображения) и параметром связи, характеризующим коммуникационные возможности PDO. Индексы этих параметров определяются в соответствии со следующими правилами:

- Индекс параметра связи
 $RPDO = 1400h + \text{№ RPDO} - 1$;
- Индекс параметра связи
 $TPDO = 1800h + \text{№ TPDO} - 1$;
- Индекс структурного параметра
 $RPDO = 1600h + \text{№ RPDO} - 1$;
- Индекс структурного параметра
 $TPDO = 1A00h + \text{№ TPDO} - 1$.

С помощью одного PDO можно передать от 1 до 8 байт данных. В одной сети CANopen может присутствовать до 512 TPDO и до 512 RPDO.

PDO могут передаваться как синхронно, так и асинхронно относительно объекта синхронизации SYNC, выдающегося на шину с определенной периодичностью. Это проиллюстрировано Рисунком 5. Синхронные PDO передаются в рамках установленного интервала времени после появления на шине SYNC-объекта.

Асинхронные PDO передаются без какой-либо связи с объектом синхронизации. Раз-

личают также три режима вызова PDO (Рисунок 6):

- По событию или по таймеру: механизм передачи PDO запускается после возникновения какого-либо внутреннего события или по срабатыванию таймера устройства;
- По удаленному запросу: в этом случае устройство начинает передачу PDO после получения кадра удаленного запроса от другого устройства на шине;
- Синхронная передача (циклическая или ациклическая): как уже отмечалось ранее, связана с появлением на шине SYNC-объекта.

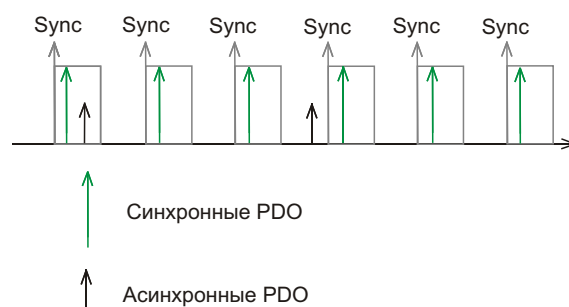


Рисунок 5. Принцип передачи синхронных и асинхронных PDO.

Передача синхронных PDO может выполняться как в циклическом режиме, так и ациклическом. При выборе циклического режима PDO передаются с определенной периодичностью, устанавливаемой числом от 1 до 240, т. е. 5 будет означать передачу PDO после

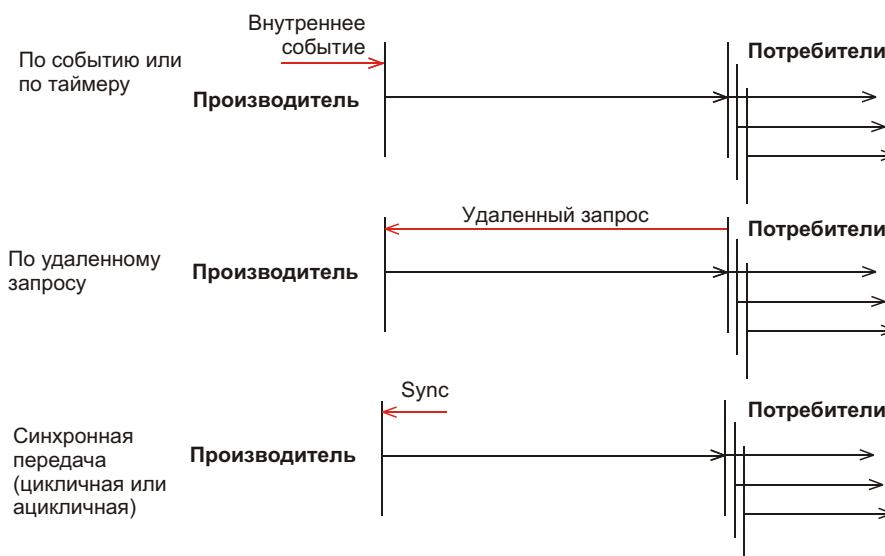


Рисунок 6. Три режима вызова PDO.

Таблица 2

Сообщение	Обозначение	Команда в составе формата сообщения
Запуск удаленного узла	Start_remote_node	1
Остановка удаленного узла	Stop_remote_node	2
Вход в состояние готовности	Enter_pre_operational	128
Сброс узла	Reset_node	129
Сброс связи	Reset_communication	130

каждого пятого появления SYNC-объекта на шине. В ациклическом режиме момент выдачи PDO на шину определяется внутренним событием устройства, но она обязательно должна выполняться в окне SYNC-объекта.

На Рисунке 7 показан принцип отображения PDO, основная идея которого заключается в том, что как производитель, так и потребитель PDO-сообщения должны знать, каким образом им необходимо интерпретировать содержимое этого сообщения. При этом PDO определяются по их идентификационным номерам (COB-ID). PDO-отображение описывает, какие переменные технологического процесса из поля данных PDO должны передаваться, каким образом они должны быть упорядочены, а также какой тип данных и какую длину они имеют. Таким образом, содержание и значение поля данных каждого определенного PDO определяется в виде записи PDO-отображения внутри словаря объектов на стороне производителя и на стороне потребителя.

Производитель составляет поле данных передаваемого PDO в соответствии со своими записями отображения TPDO. В связи с этим, текущие значения отсылаемых данных

должны быть взяты из словаря объектов и записаны в поле передаваемых данных до того, как сообщение будет отправлено на шину. Подобные операции выполняются на стороне потребителя. В соответствии с записями отображения RPDO, принятые данные записываются в словарь объектов данного устройства.

Другими объектами, без которых невозможно существование CANopen-сети, являются NMT-объекты, позволяющие управлять работой этой сети. Вначале стоит отметить, что в конкретный момент времени устройство должно находиться в одном из четырех состояний: инициализация (Initialization), готовность (Pre-operational), работа (Operational) или остановка (Stopped). При включении устройство проходит этап внутренней инициализации, и после ее успешного завершения переходит в состояние готовности. В этом состоянии уже возможно осуществить настройку CANopen-узла с помощью SDO. Затем узел может перейти в рабочее состояние. Для этого необходимо, чтобы Master сети (передача NMT сообщений происходит в соответствии с моделью Master-Slave) передал широкосетевое

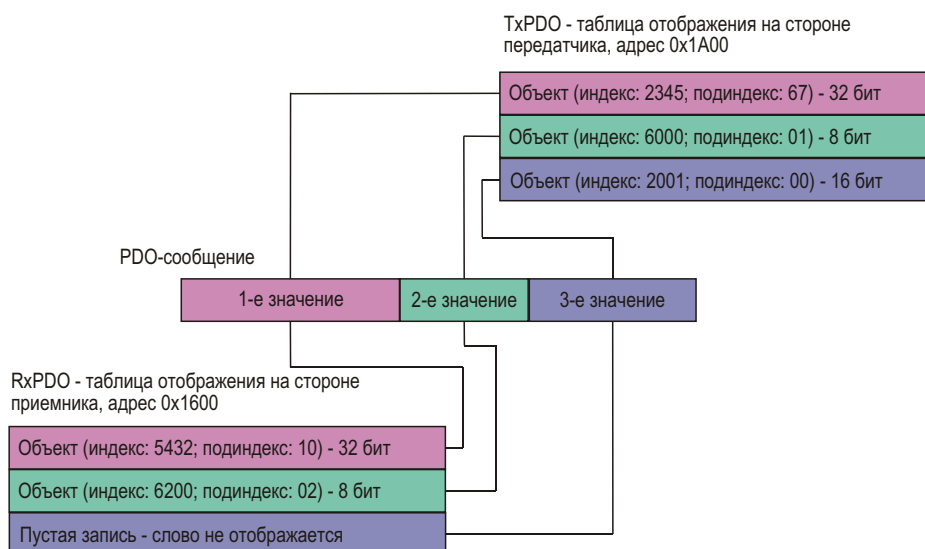


Рисунок 7. Принцип отображения PDO.

сообщение `Start_remote_node`. ID NMT-сообщений равен 0, поскольку они должны иметь самый высокий приоритет в сети. В Таблице 2 представлено описание NMT-сообщений.

Формат NMT-сообщения также предполагает наличие ID того узла, которому адресовано сообщение. В случае равенства этого параметра 0 сообщение будет адресовано всем узлам сети, то есть, например, формат 0/1/0 будет означать запуск всех узлов на шине, а 0/2/9 – остановку узла с ID=9.

Для повышения надежности функционирования сети имеются объекты срочных сообщений (Emergency Object или EMCY). Их передача осуществляется при возникновении внутренних ошибок какого-либо узла. Срочное сообщение передается в сеть лишь один раз после возникновения определенной ошибки, и, как бы долго состояние активной ошибки не присутствовало, нового соответствующего ей EMCY передано не будет. Только при возникновении новых ошибок могут быть переданы соответствующие им EMCY. Механизм передачи срочных сообщений не является обязательным для сети CANopen, но при грамотном его применении он позволит вовремя определить и устранить неисправность узла.

Все Slave-устройства в составе сети CANopen могут посылать специальное сообщение о своей готовности функционирования в сети. Это сообщение начальной загрузки (boot-up message) дает понять Master-устройству, что внутренний сетевой статус Slave-узла перешел из режима инициализации в режим готовности к работе. Передача boot-up-сообщения является также необязательной, но желательной процедурой, поскольку Master будет знать, что конкретное Slave-устройство уже можно настраивать с помощью SDO или переводить его в режим работы.

Интерфейсом CANopen предусмотрены два протокола контроля функционирования сети: протокол караула узлов (Node guarding protocol) и протокол контрольного тактирования (Heartbeat protocol). В первом случае выделенный NMT-мастер опрашивает Slave-устройства через одинаковые промежутки времени, называемые guard time. В ответ каждое Slave-устройство посылает сообщение, содержащее его сетевой статус. Время ожидания подобного сообщения может быть настроено индивидуально для каждого узла.

Если узел по истечении заданного времени не получил запрос от Master-устройства, на его стороне с помощью сервиса Life Guarding Event возникнет ошибка, свидетельствующая об отсутствии сторожевого запроса. Если удаленный запрос передачи не был подтвержден за время сторожевого ожидания, или указанный в ответном сообщении статус Slave-устройства не соответствует ожидаемому, со стороны Master-устройства возникнет ошибка караула узла, сообщаемая с помощью сервиса Node guarding event.

Heartbeat-протокол позволяет контролировать функционирование сети без необходимости посылки Slave-устройствами удаленных ответов. В данном случае узел, сконфигурированный на широкопередаточную передачу Heartbeat-сообщения, является производителем контрольных тактов. Остальные устройства, настроенные на прием Heartbeat-сообщения, являются потребителями контрольных тактов, и в случае если за время ожидания контрольного такта (Heartbeat Consumer Time) Heartbeat-сообщение не пришло, генерируется ошибка контрольного тактирования. Оба рассмотренных протокола контроля функционирования сети являются взаимоисключающими, то есть в сети можно использовать лишь один из них. Heartbeat-протокол имеет более высокий приоритет, и по умолчанию предполагается использование именно его.

В данной части были рассмотрены ключевые принципы и правила работы довольно сложного, но в то же время очень надежного протокола CANopen. В следующей части на простом примере будет показана работа CANopen-сети, состоящей из двух узлов. **РЛ**

Список источников

1. <http://www.piclist.ru/AN-MC-228-RUS/AN-MC-228-RUS.html> AN228 - рассмотрение физического уровня CAN.
2. Проектирование интеллектуальных датчиков с помощью Microchip dsPIC. Крид Хадлстон – Киев: «МК-Пресс», 2008. – 320 с., ил.
3. CANopen. Application Layer and Communication Profile. CiA Draft Standard 301. Version 4.02, 2005. – 135 p.
4. CAN словарь. Второе издание. www.can-cia.org.
5. CANopen, high-level protocol for CAN-bus. H. Boterenbrood – NIKHEF, Amsterdam, 2000. – 23 p.
6. www.canopensolutions.com.

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>

Highscreen Alpha GT New: хорошо знакомый смартфон с новым процессором

Иногда разработчики мобильных устройств выводят на рынок одну и ту же модель, но с разными аппаратными платформами. Например, глобальная версия флагманского смартфона HTC One X комплектуется четырехъядерным процессором nVidia Tegra 3, тогда как модификации для отдельных рынков (например, американского) идут с двухъядерными «сердцами» от компании Qualcomm.



В данном обзоре мы рассмотрим смартфон Highscreen Alpha GT New – этот аппарат выпущен в начале 2013 года и является обновлением августовской модели Highscreen Alpha GT. Дизайн и общий функционал остались прежними, а вот аппаратную платформу разработчики поменяли. Если оригинальный GT базировался на однокристельном процессоре MediaTek MT6575, то версия со словом New в названии идет с чипом MediaTek MT6577, обладающим уже двумя вычислительными ядрами. Кстати, этот процессор изначально использовался в старшей модели с HD-экраном – Highscreen Alpha GTR.

Итак, что же дала Highscreen Alpha GT New новая аппаратная платформа? Как минимум – примерно 15-20% к производительности при неизменном энергопотреблении: как и предшественник, новинка обладает аккумулятором на 1,900 мАч и работает от одного заряда батареи до двух дней.

Гнезд для установки SIM-карт здесь две штуки, причем каких-либо особенностей в реализации работы с двумя карточками нет: в режиме ожидания активны обе «симки», а во время разговора – одна. В 3G-сетях работает одна SIM-карта, она же поддерживает и 2G, другая же «симка» – только в 2G.

Корпус устройства почти полностью выполнен из пластика, разве что на задней панели есть металлическая вставка с логотипом торговой марки. Highscreen Alpha GT New не очень тонкий, однако в руке он лежит вполне комфортно. Кстати, его задняя часть прорезинена и весьма приятна на ощупь.

Смартфон оборудован 4-дюймовым емкостным сенсорным IPS-экраном от японской компании Sharp. Разрешение дисплея составляет 480 800 точек, это стандарт для



моделей среднего класса. Качество изображения отменное: это касается и цветопередачи, и углов обзора, которые максимально широки.

Highscreen Alpha GT New оснащен 1 Гб оперативной памяти – и это довольно много, так как пока в смартфонах этого класса обычно стоят 512-мегабайтные модули. В аппарате также есть адаптеры Bluetooth и Wi-Fi, GPS-приемник, слот для карт памяти MicroSD (8 Гб в комплекте) – в общем, обычный функциональный «заряд». А вот камеры не совсем обычные: лицевая на 2 Мп, а

задняя – на 8. Последняя неплохо фотографирует в темное время суток, благо она базируется на заточенном для этого BSI-сенсоре.

Работает Highscreen Alpha GT New под управлением Android 4.0 ICS, причем, операционная система в этом аппарате дополнена интерфейсом Go Launcher EX с кучей виджетов.

В целом имеем одну из наиболее удачных моделей среднего класса – за 8 тысяч рублей, которые просят за Highscreen Alpha GT New, сложно подобрать что-либо более функциональное. **РЛ**

Человеко-машинный интерфейс осваивает третье измерение

Stephen Evanczuk

EDN

Еще рано окончательно выбрасывать свою мышь или отказываться от тачпада, однако традиционным устройствам челове-

В этом новом классе HMI движение руки в пределах объема, расположенного над двумерным массивом датчиков, вызывает искажения электрического поля (Рисунки 1 и 2), измеряемые специальным приемным устройством. Использование электрических датчиков вместо видеокамер открывает дорогу к созданию встраиваемых приложений распознавания движений, которые смогут применяться практически во всех отраслях – от автомобильной и аэрокосмической промышленности до бытовой техники.

С наиболее впечатляющим образцом этого нового класса устройств в ноябре 2012 года дебютировала компания Microchip Technology, представив микросхе-

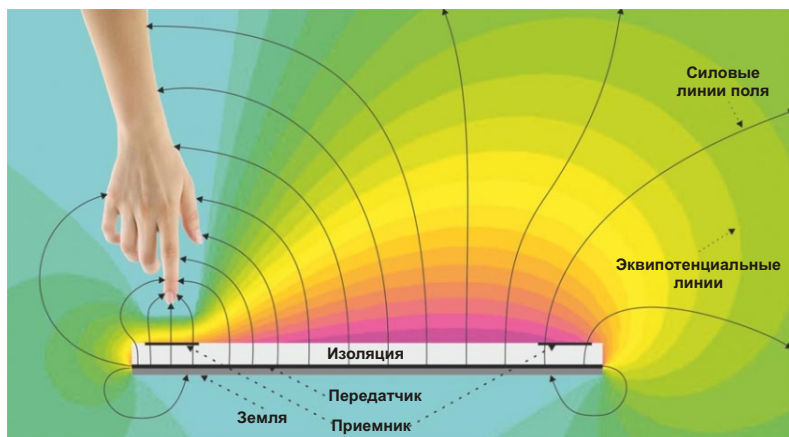


Рисунок 1. HMI генерирует электрическое поле и с помощью датчиков фиксирует его возмущения, вызываемые движением проводящего объекта, каковым, в частности, является человеческая рука.

ко-машинного интерфейса (human-machine interface – HMI), основанным на использовании двумерной информации о положении, возможно, скоро придется потесниться, уступив место возле компьютера или смартфона приборам нового поколения. Надвигается волна трехмерных HMI.

HMI основанные на видеокамерах, такие, как Kinect компании Microsoft, уже способны отслеживать движение рук в ближней и средней зоне и могут использоваться в некоторых играх. Появление систем, основанных на анализе изменений электрического поля, обозначило важную тенденцию перехода от простого обнаружения движения к распознаванию последовательностей движений, как определенных жестов.

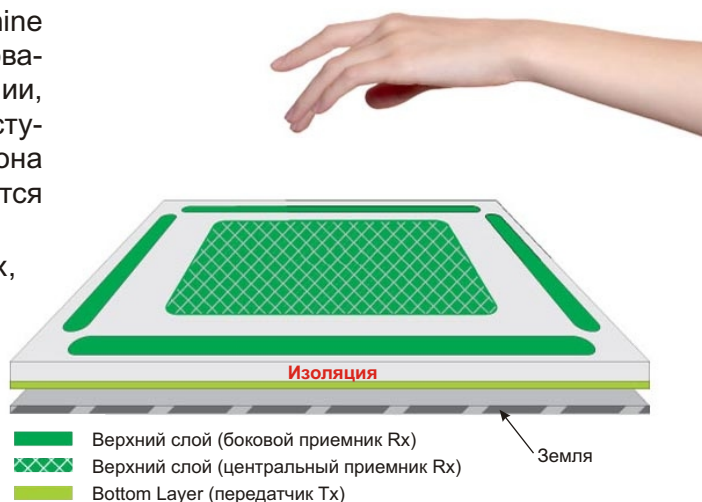


Рисунок 2. Этой подсистеме HMI требуется лишь простой массив электродов для генерации относительно низкочастотного электрического поля и измерения его текущего состояния.

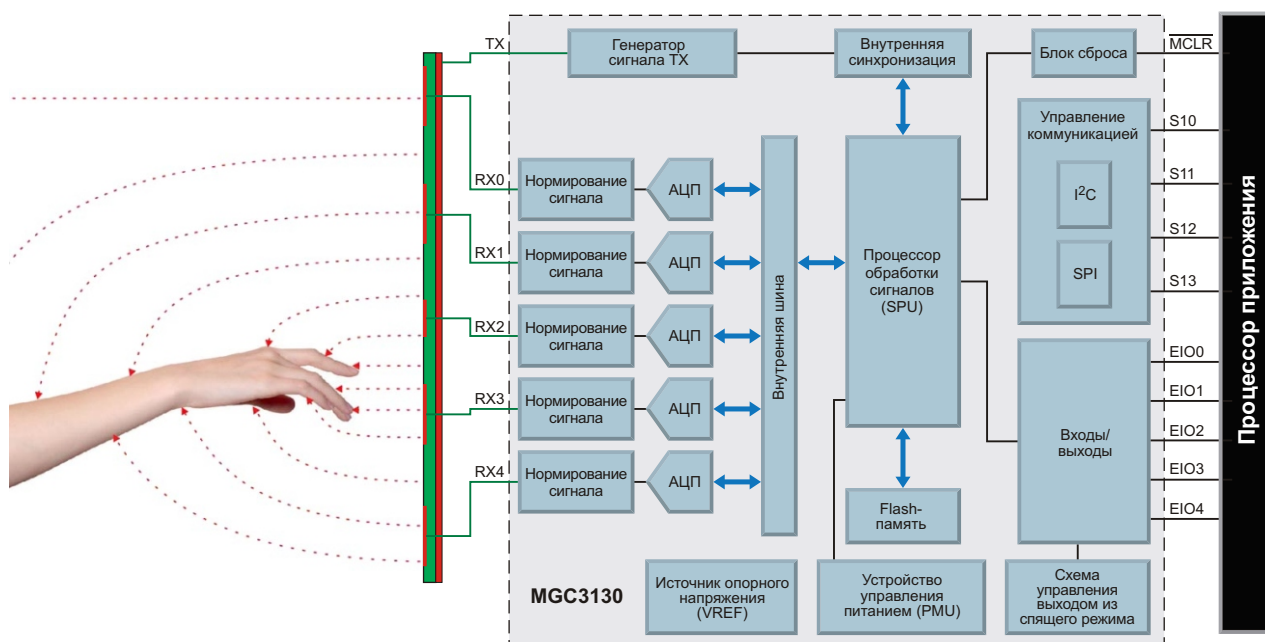


Рисунок 3. Основанная на технологии GestIC компании Microchip микросхема MGC3130 содержит набор специализированных цепочек аналоговой обработки сигналов датчиков, сигнальный процессор и хранящиеся во flash-памяти программы распознавания, преобразующие движения рук в известные жесты.

му MGC3130 (Рисунок 3), выполняющую полный набор функций распознавания 3-D жестов, основанных на технологии GestIC, перешедшей в собственность Microchip с приобретением компании Ident Technology. Подключаемое к комплекту недорогих внешних электродов устройство GestIC содержит аналоговую цепочку обработки сигналов, измеряющую вызываемые движением рук изменения электрического поля и распознающую перемещение рук в трехмерной области над электродами. Затем с помощью встроенного в кристалл сигнального процессора выполняется цифровая обработка информации, чтобы определить, какому из приблизительно дюжины предварительно запрограммированных жестов соответствуют зафиксированные перемещения.

Microchip со своей системой GestIC – не единственный игрок на рынке датчиков электрического поля. Чуть больше года назад Plessey Semiconductors представила подобный датчик, изначально ориентированный на применение в персональном

медицинском оборудовании. А недавно компания начала массовые поставки дешевых приборов, которые могут серьезно повлиять на развитие рынка потребительской электроники (Рисунок 4). Внедряя эти датчики Plessey во встраиваемые системы, разработчики получают возможность выпускать свои собственные 3-D HMI продукты, используя богатые наборы накопленных алгоритмов распознавания.

Камеры стали почти обязательным атрибутом мобильной техники, и, без сомнения, будут все шире использоваться в системах распознавания жестов. Одновременно начинается промышленное внедрение многосен-

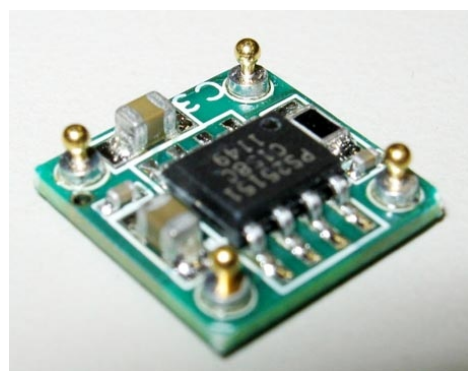


Рисунок 4. Бесконтактный твердотельный датчик электрического потенциала PS25401B компании Plessey Semiconductors в корпусе (слева) и со снятой крышкой (справа).

сорных решений, объединяющих несколько различных технологий обнаружения.

К примеру, недавно Microsoft продемонстрировала систему распознавания жестов, получившую название Digits, в которой объединены камера и МЭМС датчик движения. В Digits выполняется высокоуровневый ана-

лиз, основанный на использовании сложного программного обеспечения, формирующий исключительно детализированную программную модель движения руки, позволяющую отслеживать самые тонкие жесты. GestIC подобного делать пока не умеет. **РЛ**

Мемристоры имитируют человеческий мозг

R Colin Johnson

EE Times

Первое упоминание о мемристорах приводится в основополагающей статье инженера-электрика Леона Чуа (Leon Chua) «Мемристор – недостающий элемент схемы» (1971 год).



Профессор Леон Чуа

Исходя из математических соображений, согласно Чуа, должен существовать четвертый после резистора, конденсатора и катушки индуктивности пассивный элемент электроники. Его аргументация напоминала ход мыслей изобретателя периодической таблицы химических элементов, русского химика Дмитрия Менделеева, утверждавшего, что, исходя из математических расчетов, в периодической таблице не хватает элементов, которые должны существовать. Оба были правы. Недостающие элементы Менделеева в конечном итоге были найдены, а в 2006 году Стэн Вильямс (Stan Williams), старший научный сотрудник компании Hewlett Packard, открыл мемристор.

Чуа назвал свой четвертый пассивный элемент мемристором, потому что этот компонент «вспоминает» то количество тока, которое недавно протекало через него, за счет изменения своего внутреннего сопротивления, что делает его запоминающим резистором (memory-resistor). Основой раз-

работки компании HP был диоксид титана, но с тех пор многие производители полупроводниковых компонентов продвинулись вперед в работе над мемристивными материалами в попытках создать универсальный тип памяти, называемый «резистивная оперативная память» (ReRAM).

В результате, примерно через 40 лет после того, как Чуа постулировал мемристоры, эти материалы, наконец-то, стали коммерчески широкодоступными в виде универсальных чипов энергонезависимой памяти, превосходящих по плотности flash-память, а по скорости – DRAM. Многие известные производители полупроводниковых компонентов обещают начать выпуск мемристивных микросхем в самое ближайшее время, некоторые даже называют 2013 год. В число этих компаний входят Adesto Technologies, Elpida, Fujitsu, Global Foundries, Hewlett Packard, Hynix, IBM, Macronix, Nanya, NEC, Panasonic, Rambus, SanDisk, Samsung, Sharp, Sony, ST Microelectronics, Winbond, 4DS, а также несколько исследовательских лабораторий, таких как IMEC в кооперации с TSMC.

Возможно, вы не знаете, что следующие 40 лет будут еще более значительными для мемристоров, которые станут основой новой эры когнитивных (познающих, разумных) компьютеров, воспроизводящих архитектуру человеческого мозга. В рамках программы Агентства передовых оборонных исследовательских проектов США (DARPA), названной «Системы нейроморфной адаптивной пластической масштабируемой электроники» (SyNAPSE), исследовательские лаборатории проводят революционные разработки, которые откроют новую эру когнитивных компьютеров. В программе участвуют IBM, Hewlett Packard и HRL Labs при сотрудничестве с Бостонским университетом, Колумбийским университетом, Корнелльским университе-

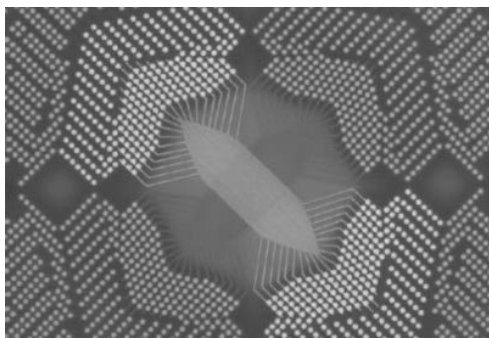
том, Стэнфордским университетом, Калифорнийским университетом в Мерседе и Висконсинским университетом в Мэдисоне.

Чуа предвидел применение мемристоров в искусственных нейронных сетях еще в 1976 году в своем труде «Мемристивные приборы и системы» (Memristive Devices and Systems), где он заметил, что стандартная модель нейронов, – модель Ходжкина-Хаксли, – математически идентична мемристору.

Прорыв ученых из HRL Labs

Программа SyNAPSE вдохнула новую жизнь в разработку искусственных нейронных сетей, особенно интересных результатов в которой сегодня добилась HRL Laboratories LLC (бывшая Hughes Research Laboratories) и ее Center for Neural and Emergent Systems (CNES), использовавшая мемристоры в качестве искусственных синапсов.

Отказавшись от обычно использовавшегося диоксида титана, ученые HRL Labs создали слоистую структуру из усовершенствованных материалов со свойствами внутреннего выпрямления, что, по утверждению HRL, позволяет решить проблему «паразитной утечки», тормозившей ранние попытки



Созданная HRL матричная мемристорная матрица, сформированная поверх кристалла КМОП микросхемы, на каждом квадратном сантиметре может хранить 10 ГБ информации.

разработки мемристивных структур в составе перекрестных матриц.

«Эти мемристоры ведут себя как внутренний диод, что предотвращает утечку тока в направлении обратного смещения, влияющую на сохраняемые в памяти данные», – сообщил руководитель проекта и главный исследователь Нараян Сриниваса (Narayan Srinivasa).

Разработка HRL хранит точные аналоговые значения, соответствующие синаптической силе между нейронами, а затем помещает сами нейроны в соседний кристалл.

Сриниваса сказал: «Наша нейроморфная архитектура использует богатый набор программируемых соединений, подобных связям в мозге. Чтобы

задействовать эту связь, мы отделили матрицу мемристоров от нейроморфной архитектуры, поместив перекрестные матрицы на один кристалл для хранения синаптических проводимостей, которые затем активируются отдельным нейроморфным кристаллом».

В первом варианте, созданном HRL Labs, двухкристальное решение имитирует один слой настоящего мозга. Однако наиболее интересные аспекты нейронного обучения предполагают использование до 6 слоев. Например, в зрительной коре каждый обрабатывающий слой постепенно связывает различные пространственные ориентации, в которых может наблюдаться объект. Другими словами, один слой может научиться распознавать двумерный силуэт объекта, но не сможет определить его, если он повернется боком. Однако с помощью всех шести слоев тот же самый объект может быть распознан вне зависимости от того, с какого направления он наблюдается. Но для эмуляции всех шести слоев коры головного мозга человека потребуется трехмерная шестислойная мемристивная матрица.

«В настоящее время мы сосредоточены на создании двумерных перекрестных решеток, чтобы минимизировать риски и максимизировать наши шансы на успех. Но, в конечном итоге, мы хотим масштабировать матрицы в третье измерение, чтобы эмулировать настоящую пространственную конфигурацию синапсов, составляющих основу мозга», – заключил Сриниваса.



Нараян Сриниваса

Снижение потерь в схемах защиты входных каскадов ВЧ приемников с ограничителями на Шоттки и PIN диодах

Chin-Leong Lim, Avago Technologies, Малайзия

Electronic Design

Схемы на основе Шоттки и PIN диодов обеспечивают требуемую защиту коммуникационного оборудования и других радиочастотных систем. Однако при их использовании инженеры сталкиваются с проблемой ограничения верхних частот. Как при синхронной, так и при асинхронной передаче излучаемая мощность может вызывать перегрузку входных цепей приемников беспроводных коммуникационных систем. В дуплексных системах с временным разделением несовершенство изоляции между портами коммутатора или циркулятора становится причиной синхронной перегрузки, в то время как источниками сигналов, приводящих к асинхронной перегрузке, являются расположенные поблизости антенны других систем связи.

Иная ситуация возникает в приемниках сигналов ЯМР (ЯМР – ядерный магнитный резонанс), где причиной перегрузок является «звон», после возбуждающего импульса сопровождающий высвобождение энергии, запасенной в катушке ЯМР-зонда. На устойчивости к перегрузкам, к сожалению, сказывается и уменьшение размеров малошумящих усилителей (МШУ). Например, максимально допустимая входная мощность МШУ с транзисторами, изготовленными по технологии PHEMT с проектными нормами 0.25 мкм, при размерах кристалла 400 мкм и

800 мкм составляет 7 дБм и 10 дБм, соответственно.

Перегрузки неблагоприятно сказываются и на целостности передаваемой информации. Значительный выход за пределы допустимых режимов приводит к немедленному отказу устройства, вызванному перегоранием металлических межсоединений или пробоем переходов транзистора. Экспоненциальный рост тока затвора при перегрузке также сокращает срок службы прибора из-за электромиграции металлов. Постоянное воздействие небольших перегрузок может приводить либо к снижению выходной мощности устройства, либо к росту выходных интермодуляционных искажений. Как следствие, в приемниках ЯМР устройств происходит потеря полезной информации в период «мертвого времени», пока усилитель восстанавливается после насыщения.

Ограничитель защищает вход устройства от перегрузок, пропуская ВЧ сигналы с амплитудой ниже установленного порогового значения, и выступает в роли аттенюатора, рассеивая избыточную мощность сигналов, превышающих безопасный уровень. Простейшая схема ограничителя, состоящая из PIN диода с параллельно включенной индуктивностью для отвода постоянной составляющей, называется «ограничителем с автоматическим смещением». Однако порог ограни-

чения данной схемы выше, чем допустимый предел перегрузки для большинства МШУ. Включением диода Шоттки параллельно основному PIN диоду (Рисунок 1) добиваются снижения порога срабатывания ограничителя на 10 дБ за счет более низкого прямого падения напряжения на диоде Шоттки. Такая схема называется «улучшенным ограничителем с Шоттки и PIN диодами».



Рисунок 1. Принципиальная и эквивалентная схемы ограничителя на Шоттки и PIN диодах.

Поскольку для эффективного выполнения своей функции ограничитель должен устанавливаться перед всеми усилительными каскадами, вносимые им потери при малых сигналах пропорционально увеличивают суммарный коэффициент шума (в дБ). Вносимые ограничителем потери обусловлены, в первую очередь, паразитными емкостями диодов, нагружающими линии передачи. Раньше СВЧ ограничители выпускались на основе бескорпусных диодов. Выпускаемые массовыми тиражами современные ограничительные диоды герметизируются в пластиковые корпуса, существенно увеличивающие их емкость. Кроме того, в ограничителе на Шоттки и PIN диодах дополнительный диод также увеличивает потери по сравнению с ограничителем только на PIN диоде.

Актуальность уменьшения емкости диодов в ограничителе подтверждается большим количеством публикаций по этой теме. Изготовление кристаллов нескольких диодов на одной подложке максимально близко друг к другу может уменьшить емкость, но при этом возрастает прямое падение напряжения на такой сборке, а значит порог напряжения ограничения. Сокращение площади перехода PIN диода за счет использования мезоструктуры уменьшает паразитную емкость, но, к сожалению, при этом увеличивается переходное тепловое сопротивление диода.

Альтернативные способы изоляции диода Шоттки от линии передачи ВЧ сигнала могут быть реализованы с помощью высокоимпедансной четвертьволновой линии или направленного ответвителя, однако такое пассивное решение увеличивает стоимость и

размеры ограничителя. Подключение диодов к точке с низким импедансом (12.5 Ом) может снизить емкостную нагрузку, но при этом потребуются понижающий и повышающий трансформаторы.

Для уменьшения потерь на высоких частотах в этом классе ограничителей предложена и исследована нестандартная конфигурация схемы, не требующая перечисленных выше компромиссов. Схема основана на использовании паразитной емкости диодов в качестве элементов лестничного фильтра нижних частот. Использование паразитной емкости для уменьшения потерь в ограничителях на PIN диодах с автоматическим смещением уже рассматривалось в ряде публикаций, но это первая работа, в которой изучается подобная схема на Шоттки и PIN диодах. В статье описывается ограничитель с низкими потерями и экспериментальные результаты, подтверждающие улучшение характеристик ограничителя.

Методы и средства исследования

Для быстрого изготовления прототипа были использованы дешевые диоды в корпусах SOT-323 из стандартной номенклатуры Avago Technologies. Использованный PIN диод имеет I-слой высотой 1.5 мкм с емкостью при нулевом смещении около 1 пФ, и корпус с двумя анодными выводами, что очень удобно для данной конструкции (Рисунок 2). Диод с тонким I-слоем был выбран из-за более высокого быстродействия и чувствительности (порога ограничения), а также из-за низких импульсных токов утечки. На переходе диода Шоттки при прямом токе 1 мА падает 250 мВ, а емкость при нулевом смещении составляет порядка 0.8 пФ. Паразитные индуктивности внутренних проволочных проводников и внешних выводов диодов равны 0.7 нГ и 0.4 нГ, соответственно.

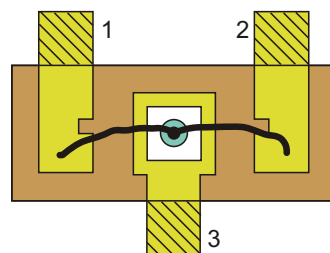


Рисунок 2. Внутреннее изображение PIN диода дает представление о способе подключения анода к двум выводам корпуса.

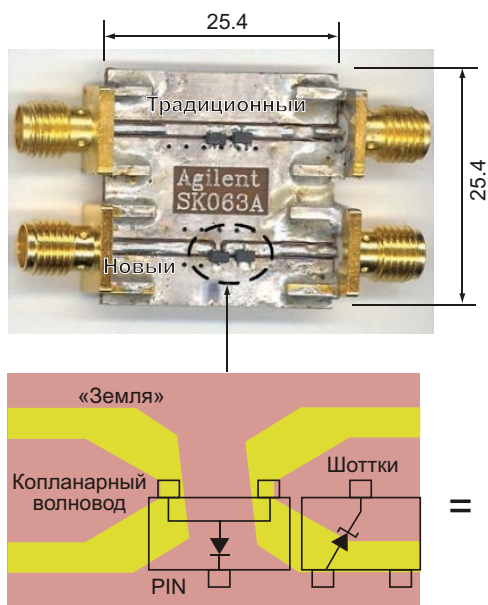


Рисунок 3. Печатная плата для оценки характеристик предложенного ограничителя (сверху), его конструкция (внизу слева), а также упрощенная эквивалентная схема (внизу справа).

Прототип ограничителя был собран на печатной плате из диэлектрика FR-4 толщиной 0.76 мм с 50-омным заземленным копланарным волноводом, имеющим разрез в средней части (Рисунок 3). PIN диод установлен на плату таким образом, чтобы анодные выводы перекрывали разрез центрального проводника. Диод Шоттки соединен с выходом линии передачи обычным для этого класса ограничителей способом. Комбинация двуханодного PIN диода, диода Шоттки и разрезанной линии передачи образует цепь, малосигнальная схема замещения которой соответствует двухзвенному фильтру нижних частот.

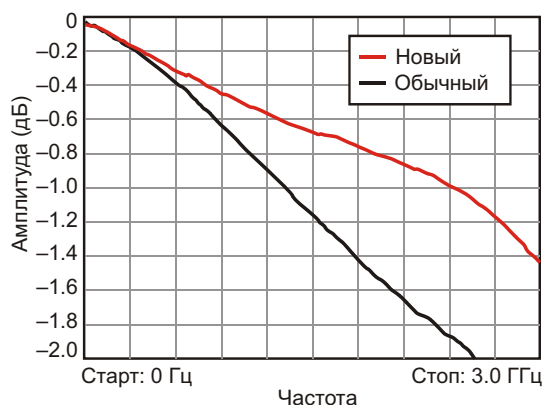


Рисунок 4. В новой конфигурации ограничителя существенно улучшена зависимость вносимых потерь от частоты.

Для сравнения характеристик на той же плате был собран ограничитель с традиционным подключением Шоттки и PIN диодов к линии передачи. В обоих ограничителях использованы идентичные диоды. Поскольку в обычном включении оба диода параллельны, эквивалентная схема такого ограничителя для малых сигналов может быть представлена в виде одного конденсатора емкостью 1.8 пФ.

Результаты и выводы

Экспериментальные результаты подтверждают, что новая конфигурация уменьшает вносимые потери и расширяет рабочую полосу частот ограничителя. Для частот ниже 300 МГц потери в обеих схемах почти одинаковы, поскольку влияние паразитных емкостей на этих частотах минимально.

Зато, как только частота достигает 300 МГц, различие уровней потерь ограничителей становится хорошо заметным, и продолжает расти (Рисунок 4). Измерения показали впечатляющее снижение потерь на 0.8 дБ в полосе частот 2.1 ГГц, широко используемой телекоммуникационными системами поколения 3G. Количественной мерой улучшения может также служить расширение рабочей полосы частот, поскольку новая конфигурация почти удваивает верхний предел рабочих частот ограничителя, поднимая его с 1.3 ГГц до 2.4 ГГц по уровню потерь 1дБ.

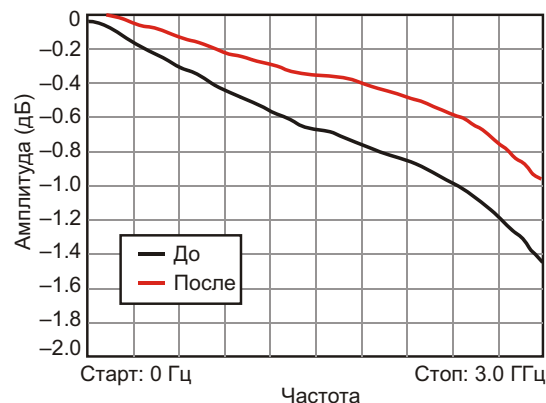


Рисунок 5. Вносимые потери для слабого сигнала при новой конфигурации ограничителя, измеренные до и после компенсации потерь в измерительном стенде, отчетливо демонстрируют эффект компенсации.

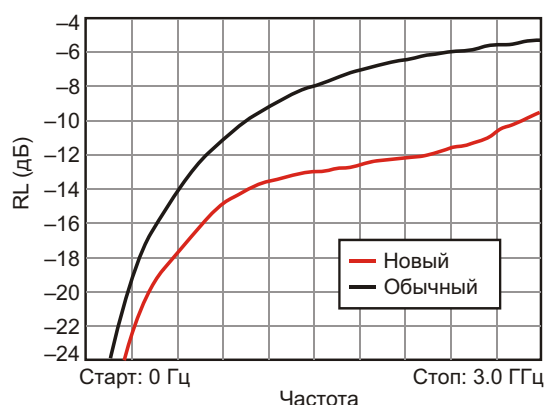


Рисунок 6. Зависимость возвратных потерь (RL) от частоты для традиционной и новой конфигураций ограничителя демонстрирует улучшение характеристики от 4 до 6 дБ во всем диапазоне частот.

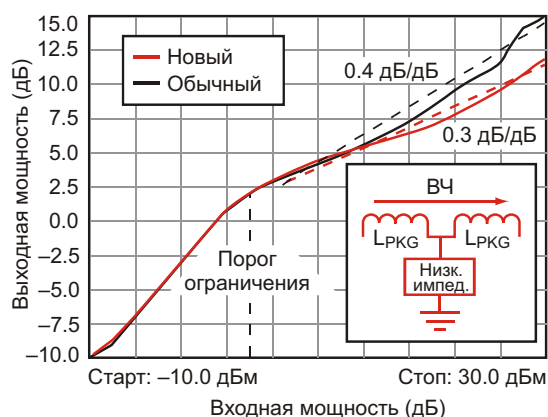


Рисунок 7. Зависимость мощности на выходе ограничителя от входной мощности на частоте 900.1 МГц для традиционной и новой конфигураций демонстрирует, как паразитная индуктивность выводов PIN диода улучшает изоляцию, когда диод находится в низкоимпедансном состоянии.

От реального устройства, вероятно, можно будет ожидать гораздо лучших результатов, поскольку измерительный стенд вносит дополнительные потери. Скорее всего, в действующем приборе проводники печатной платы будут намного короче, а выход ограничителя будет подключен непосредственно к МШУ без ВЧ разъема. Если нормализовать графики на Рисунке 4 и вычесть составляющую потерь от измерительного стенда, полоса пропускания нового ограничителя по уровню 1 дБ поднимется до 3 ГГц (Рисунок 5).

Помимо сокращения вносимых потерь, схема, как неожиданно оказалось, снижает и возвратные потери (RL), особенно в полосе

от 1.2 ГГц до 3 ГГц, где характеристика RL улучшилась более, чем на 4 дБ (Рисунок 6). По видимому, это объясняется тем, что лестничный фильтр, которому эквивалентна новая конфигурация, обеспечивает лучшее согласование, чем просто шунтирующий конденсатор. В области, где характеристика RL остается ниже -10 дБ, новый вариант схемы расширяет верхнюю граничную частоту схемы до 2.9 ГГц, почти утраивая ее по сравнению с 1.1 ГГц для обычной конфигурации. Лестничная цепь не влияет на порог ограничения, но улучшает изоляцию схемы. На частоте 900 МГц порог ограничения для обеих конфигураций примерно одинаков и составляет порядка 3 дБм (Рисунок 7). Неожиданным сюрпризом, обнаружившимся в новом варианте схемы, оказалось снижение уровня проникающей на выход ограничиваемой входной мощности. Из графика видно, что при входной мощности 30 дБм утечка сигнала через ограничитель снижается почти на 4 дБ. В новой конфигурации паразитные индуктивности корпуса PIN диода ($L_{ПКГ}$), включенные последовательно с сигнальной линией, образуют изолирующий барьер, в то время как в традиционной конфигурации они лишь шунтируют линию передачи. Также стала более пологой передаточная характеристика ограничителя, поскольку угол наклона уменьшился до 0.3 дБ/дБ.

Лестничный фильтр не вносит запаздывания в переходную характеристику ограничителя. Кроме того, он частично гасит первоначальную энергию импульса. Переходная характеристика снималась при воздействии на вход 10-микросекундных пачек импульсов с несущей частотой 900 МГц и мощностью 30 дБм. (Энергия воздействия $P \cdot t = 10^{-6}$ Дж). Для обеих конфигураций длительность выбросов просачивающейся мощности равна приблизительно 2 мкс (Рисунок 8). Хорошо видно, что в новой конфигурации представленная площадью под импульсом энергия выброса существенно ниже. Видно также, что уменьшился и средний уровень пологой части переходной характеристики.

Обратите внимание, что в процессе свипирования входной мощности, по достижении определенного уровня входного сигнала, ограничительные диоды насыщаются, и с

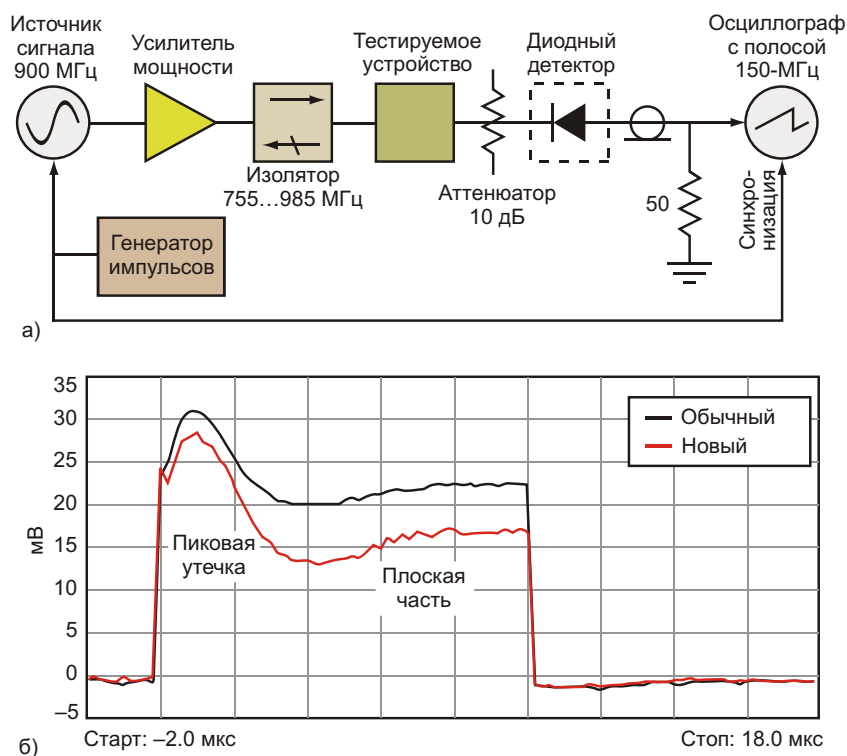


Рисунок 8. Блок-схема измерительного стенда для исследования переходных характеристики обеих конфигураций ограничителей (а) и временные зависимости мощности на их выходах (б). Обратите внимание, что в новой конфигурации амплитуды выброса и пологой части характеристики ниже примерно на 5 мВ.

этого момента их можно рассматривать как короткое замыкание для предающей линии. Изолятор и аттенюатор в изображенной на Рисунке 9 измерительной установке нужны для того, чтобы исключить артефакты измерений, проявляющиеся в виде «провисания» характеристик на Рисунке 7. На выходе тестируемого устройства лучше установить аттенюатор с затуханием 10 дБ, поскольку, в отличие от изолятора, он будет не только буферизовать изменения импеданса, но и сможет защитить датчик мощности от выгорания.

Заключение

По сравнению с традиционной конфигурацией, новая схема включения Шоттки и PIN диодов одновременно снижает вносимые потери, улучшает согласование, расширяет рабочую полосу частот и уменьшает проникновение входной мощности на выход. Изменения не требуют других компонентов или дополнительного места на печатной плате, поскольку используются неотъемлемые паразитные характеристики диодов, играющие в описанной конструкции роль многозвенного фильтра нижних частот.

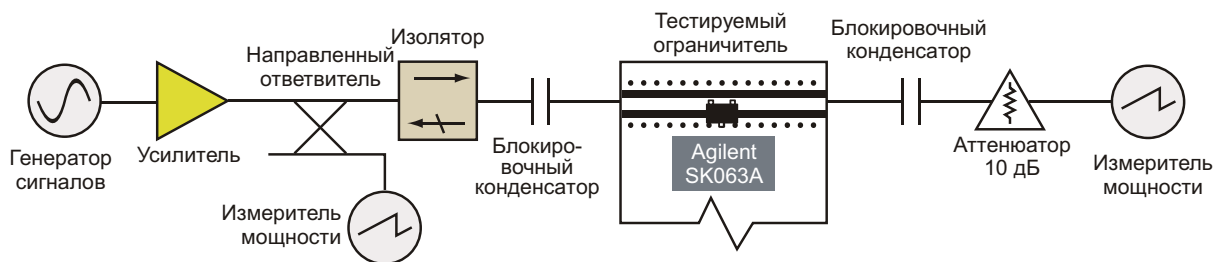


Рисунок 9. Набор испытательного оборудования, использованного для оценки отношения мощностей на входах и выходах ограничителей, должен минимизировать артефакты измерений. Аттенюатор предотвращает выгорание датчика мощности.

Хотя паразитные емкости в качестве компонентов фильтров нижних частот и раньше с успехом использовались для снижения вносимых потерь в простых ограничителях на PIN диодах, полученные результаты показывают, что аналогичного эффекта можно добиться в улучшенном ограничителе с Шот-

тки и PIN диодами. Новая конфигурация увеличит чувствительность устройств беспроводной связи и ЯМР/МРТ приемников, использующих этот класс ограничителей. Кроме того, это решение позволяет расширить частотный диапазон использования диодов в пластиковых корпусах. **РЛ**

Конкурс DARPA Robotics Challenge: вызов брошен



Агентство передовых оборонных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) объявило о старте новой смелой программы, нацеленной на развитие робототехники, предназначенной для устранения последствий стихийных бедствий и катастроф. В рамках этой программы, получившей название DARPA Robotics Challenge, предлагается финансирование в объеме десятков миллионов долларов любым командам из любой страны мира, способным создать роботов, умеющих выполнять сложные движения и манипуляции, такие, например, как, ходьба по щебню и работа с электроинструментом. Все это завершится соревнованием между роботами, управляющими грузовиками, делающими проломы в стенах, и пытающимися произвести ремонтные работы в смоделированных условиях аварии на производстве. Победитель получит все: приз в размере \$2 млн.

Представители DARPA утверждают, что существует острая необходимость совершенствования роботов, которые могут помочь в условиях природных или техногенных катастроф. Вместо того чтобы создавать специализированные робототехнические системы, предназначенные для работы в конкретных ситуациях, целью новой программы является разработка роботов, способных ориентиро-

ваться в естественной для человека среде и использовать инструменты и средства передвижения, созданные для человека.

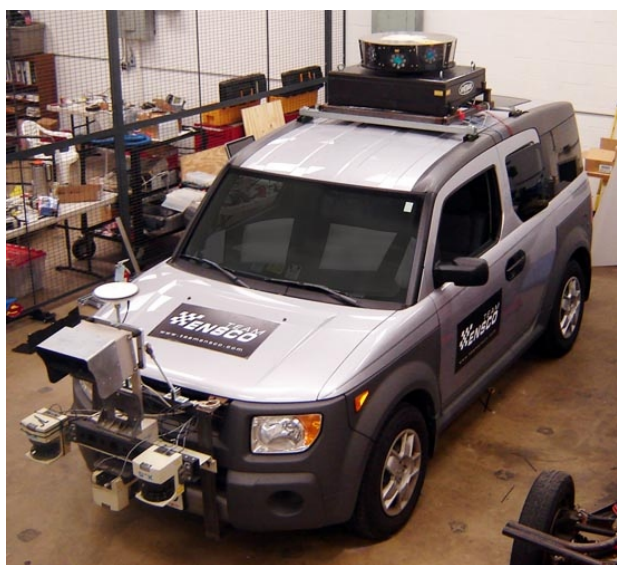
«Здесь основной акцент делается на приспособляемость – определяется наиболее способная к адаптации система, которая может быть использована в течение первых двух дней после катастрофы, когда еще есть шанс уменьшить ее масштабы, приняв соответствующие меры. В этом-то и суть данного конкурса», – говорит Гилл Прэтт (Gill Pratt), руководитель программы DARPA, занимающийся организацией конкурса.

В качестве примера катастрофы, последствия которой можно было бы смягчить в случае применения роботов с соответствующими способностями, DARPA упоминает ядерную аварию на Фукусиме. В связи с этим в DARPA разработали сценарий для финальной части соревнования, которая будет сильно напоминать драматические события, произошедшие в первые 24 часа после аварии на Фукусиме, когда рабочие пытались, но не смогли починить один из поврежденных реакторов.

На вопрос о том, не кажутся ли конкурсными задачи, включающие необходимость пробить молотом брешь в стене, обнаружить и устранить утечку в трубе, или заменить насос охлаждающей системы, несколько сложными, Прэтт отвечает: «Нет. Мы считаем, что в требования DARPA действительно непросты, но не являются невыполнимыми. Движение к результату таит в себе огромные риски, но, в то же время, сулит щедрую награду, и это именно то, что в DARPA хотят осуществить».



Предыдущая конкурсная программа DARPA была сфокусирована на автономных транспортных средствах. Соревнования – это способ DARPA стимулировать инновации путем организации конкурсов, требующих существенных технических навыков в конкретной области. DARPA выигрывает от этого, собрав большое количество умных людей, бьющихся над решением проблемы, но и все остальные тоже выигрывают, так как в ходе соревнований за очень короткий промежуток времени возникает множество прогрессивных идей и решений.



Новая программа направлена на развитие не только робототехнического оборудования, но и общедоступных средств моделирования. Прэтт говорит, что DARPA вкладывает большие средства в создание симулятора, который, как он надеется, станет «преобразующим инструментом» в области робототехники, содействующим инновационному развитию и помогающим новым компаниям преодолеть барьеры на пути выхода на рынок роботов. Для разработки симулятора он хочет привлечь не только исследователей в сфере робототехники, но и людей с различным опытом в таких областях, как компьютерная графика и видео игры, при этом предполагается введение дифференцированных денежных поощрений за различные уровни вклада в решение проблемы.

Для пояснения сути новой программы DARPA выпустила специальное заявление

под названием Broad Agency Announcement (BAA). Вот наиболее важные положения этого документа:

Цель: Целью новой программы является «развитие возможностей наземных роботов для выполнения сложных задач в опасных условиях окружающей среды, созданной человеком». Основными направлениями робототехники, которые планируется развить благодаря этой программе, являются «контролируемая автономность, мобильность, как с применением транспортных средств, так и без них, а также сила, ловкость и выносливость робототехнической платформы».

График: Программа будет разделена на два этапа, каждый из которых завершится соревнованием. Этап 1 будет проходить 15 месяцев с 1 октября 2012 года по 31 декабря 2013. Этап 2 продлится 12 месяцев с 1 января 2014 года по 31 декабря 2014 года (DARPA подчеркивает, что все даты являются приблизительными и могут быть изменены).

Приз: DARPA выделяет приза \$2 миллиона, которым будет награждена команда, победившая во втором туре испытаний. В качестве стимула для получения хорошего результата в первом испытании DARPA планирует финансировать те команды, которые больше всего наберут очков, чтобы перейти на второй этап. Никакого другого приза по завершению первого испытания не намечается.

Участники: В программе могут участвовать команды со всего мира, от которых не требуется наличия каких-либо связей с американскими компаниями или лабораториями. Участники смогут приступить к соревнованиям в рамках одной из четырех секций. Секция А предназначена для тех команд, которые намереваются разрабатывать своего собственного робота и программное обеспечение к нему, и это будет финансироваться DARPA. Секция В подойдет тем командам, которые будут разрабатывать программы управления (без аппаратного обеспечения), чтобы состязаться в создании компьютерных симуляторов. Такие команды также получат финансовую поддержку DARPA. В секцию С войдут команды-разработчики управляющих программ (без аппаратуры), которые будут оцениваться на соревнова-

ниях с применением симулятора. Секция D предназначена для тех команд, которые намерены приступить к соревнованиям, разрабатывая робота и программное обеспечение к нему на свои собственные средства.

Финансирование: В DARPA планируют выбрать не более пяти команд для секции A, каждая из которых получит до \$3 миллионов на первом этапе программы. В рамках секции B в течение первых девяти месяцев DARPA будет поддерживать финансами до 12 команд, каждой команде будет выделено до \$375,000. По прошествии девяти месяцев после завершения виртуального соревнования на симуляторе, предоставленном правительством, агентство выделит до шести команд (из секций B и C), каждая из которых получит до \$750,000 и оборудование (конструкцию робота, выполненную подрядчиком DARPA), предоставляемое правительством. На втором этапе DARPA выберет до восьми команд в рамках секций A, B и C, каждая из которых получит до \$1 миллиона, причем команды B и C продолжат участие в конкурсе, используя роботов, предоставляемых правительством.

Платформа GFE: В DARPA будет создан робот собственной разработки на платформе Government Furnished Equipment (GFE), который позволит командам без опыта создания аппаратуры принять участие в соревновании. Предполагается, что GFE-робот будет иметь руки с семью степенями свободы и по два или три пальца на каждой руке, ноги с шестью степенями свободы, а также голову с системой пространственного зрения и лазерным радаром. Ближе к середине первого этапа с помощью этой платформы будут определены наиболее результативные команды из секций B и C. Такие команды будут объявлены победителями и получают GFE-роботов и финансовые средства для продолжения работы. (По последним данным, для создания платформы GFE DARPA выбрала компанию Boston Dynamics).

Симулятор-тренажер: DARPA также предлагает общедоступный виртуальный тренажер для испытаний, который будет «содержать в себе модели роботов, их компонентов и деталей, а также полевых условий». Компания, предоставляющая трена-

жер, будет развивать программное обеспечение с открытым исходным кодом, в то время как сам тренажер, модели роботов и модели окружающей среды будут развиваться и совершенствоваться усилиями как компании, так и участников. (По последним данным в качестве компании, которая займется разработкой программного обеспечения для тренажера, DARPA выбрала Open Source Robotics Foundation).

А теперь о том, что интересует каждого – само соревнование. В DARPA говорят, что роботы будут состязаться в конкурентной борьбе друг с другом, выполняя задачи в условиях чрезвычайных ситуаций по сценарию, который, вероятно, будет включать в себя следующие события:

1. Управление внедорожником на месте аварии

Робот должен сесть в машину, проехать на ней по определенному маршруту и выйти из машины. Робот должен полностью управлять автомобилем, то есть уметь обращаться с рулем, педалями газа и тормоза и зажиганием. В качестве транспортных средств предполагается использовать такие модели внедорожников, как John Deere Gator или Polaris Ranger.

2. Ходьба по щебню

На этом этапе робот должен пересечь местность, где будут присутствовать как гладкие и ровные места, так и места с уклонами, рыхлой почвой и горной породой. Человек с легкостью пересек бы подобный ландшафт. В добавок, на местности будут встречаться такие препятствия, как камни, кусты, деревья и канавы, которые робот должен обходить.

3. Разбор завалов, блокирующих проход

Здесь роботу нужно переместить объект, блокирующий вход. Объект будет иметь такой размер, вес и прочие физические показатели, которые позволят человеку или платформе GFE сдвинуть его с места. Планируется, что его вес не будет превышать 5 кг, он будет твердым как камень или шлакоблок, и будет неправильной формы.

4. Открывание двери и вход в здание

Робот обязан справиться с дверной ручкой и иметь достаточно силы, чтобы толкнуть дверь. Как дверь, так и дверная ручка, будут стандартными.



5. Подъем по лестнице промышленного образца и прохождение маршрута в заводских условиях

Робот должен пройти по навесному пути (узкой рабочей платформе) с решетчатой поверхностью и поручнями. В рамках этой задачи робот также должен подняться по промышленной лестнице. Предполагается, что испытуемому, чтобы взобраться по лестнице, придется пользоваться как руками, так и ногами.

6. Использование инструмента для создания пролома в бетонной стене

Далее роботу необходимо использовать мощный инструмент для того, чтобы выполнить «силовую манипуляцию». Инструментами, скорее всего, будут являться пневмо- или электрический отбойный молоток и долото, и электрическая сабельная пила. Задача заключается в создании прохода в бетонной (без арматуры) или каркасной стене.

7. Найти и закрыть вентиль рядом с протекающей трубой

В этом случае робот должен обнаружить трубу с утечкой и расположенный рядом вентиль, который требуется перекрыть. На промышленном объекте будет множество труб,

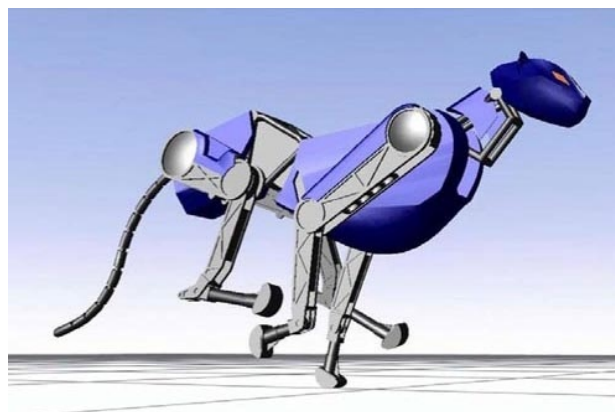
но лишь одна будет повреждена, при этом из нее будет вырываться дым, и будет слышно шипение выходящего газа. Предполагается, что для закрывания вентиля необходимо пользоваться двумя руками.

8. Замена компонента, такого, как насос системы охлаждения

Наконец, роботу будет необходимо найти насос и, ослабив одно или несколько креплений, вытащить его из установки, а затем выполнить действия по его замене. Планируется, что насос будет небольшой и достаточно компактный, чтобы человек мог справиться с такой задачей одной рукой.

DARPA говорит, что это типичные задачи, и «в процессе развития программы сложность сценария будет меняться в зависимости от продемонстрированных возможностей и исходя из практических соображений». Пока еще не определена система начисления баллов, а также не утверждены правила соревнований. Тем не менее, представители DARPA считают, что роботы, обладающие большей автономностью и потребляющие меньше энергии, смогут заработать больше очков.

Некоторые детали, касающиеся этого соревнования, все же просочились в сеть. Но DARPA утверждает, что в этих ранних сообщениях содержатся ошибки. В частности, в там утверждается, что программа направлена на развитие роботов лишь гуманоидного типа. DARPA же заявляет, что хотя роботам-гуманоидам, вероятно, будет уделено наибольшее внимание в рамках программы, все роботы не обязательно должны представлять собой человекоподобные машины. Если какая-либо команда считает, что робот-паук сможет хорошо справиться с поставленными задачами, то они могут принять участие в соревновании и с таким проектом.



«Мы не хотим ограничивать дизайн роботов, устанавливая какие-то стандарты геометрических форм или топологии» – говорит Прэтт, возглавляющий отдел Autonomous Robotic Manipulation (ARM) DARPA: «Мы хотим ограничить размеры проектируемого механизма, указывая, в чем заключается конкретная задача, и мы хотим, чтобы эти задачи были как можно более близки к тем ситуациям, с которыми вы можете столкнуться в случае настоящей катастрофы».

Более того, в ранних сообщениях ошибочно утверждается, что, поскольку испытание представляется весьма сложным, командам не стоит ожидать успеха после первой попытки. Прэтт говорит, что это не так. «Задания будут корректироваться в ходе соревнования по мере приобретения опыта работы с командами на первом этапе» – заявляет он: «Мы лишь желаем убедиться, что настоящее соревнование будет трудным, но отнюдь не невозможным».

Но все же, самое захватывающее в новом соревновании, это не само соревнование, а то, что оно даст развитию робототехники. Взгляните на прогресс автономного транспорта после проведения DARPA авто соревнований Grand and Urban, – теперь мы имеем «беспилотные» автомобили. У компании Google таких уже предостаточно. Конечно, отсюда не следует, что в этом только лишь заслуга DARPA, но такие соревнования породили огромное количество исследований, сосредоточенных на этой проблеме, которые уже дали результат, сделавший вождение более безопасным для каждого.

«Когда-нибудь, в недалеком будущем, мы просто сядем в автомобиль и будем разговаривать с человеком, сидящим рядом с нами, при этом ни сколько не заботясь об управлении машиной». – говорит Прэтт. – «И это было бы просто великолепно. Я надеюсь, что нечто подобное ожидает новый конкурс, который мы начинаем». **РЛ**

Диапазон входных напряжений прецизионных усилителей сигналов датчиков тока легко расширить до 180 В

Martin Tomasz, Touchstone Semiconductor

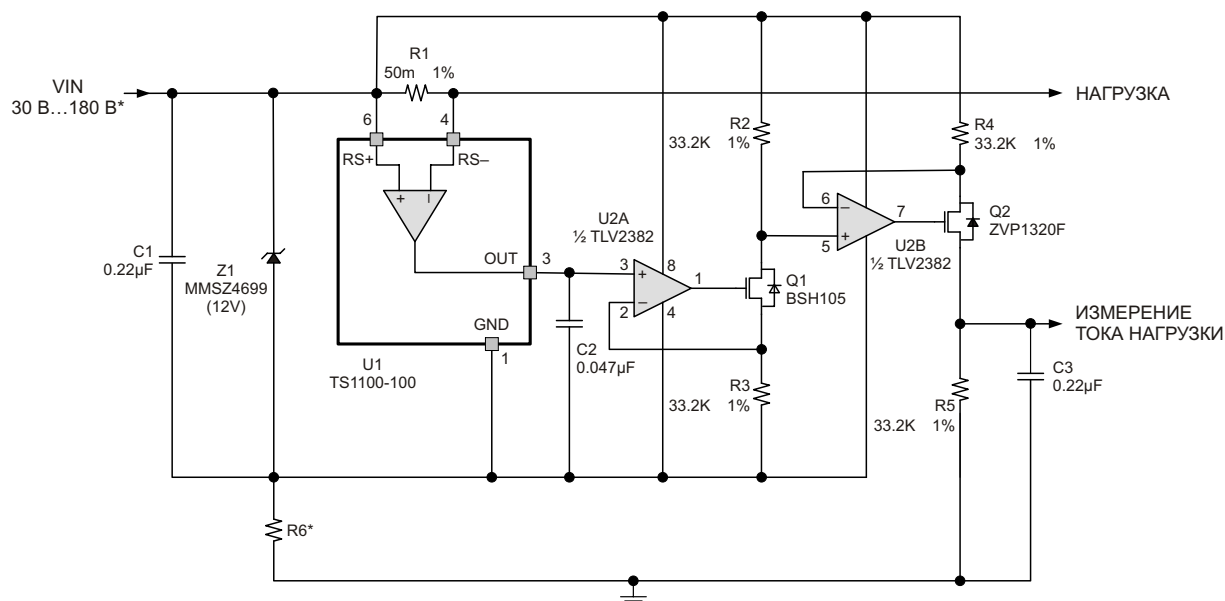
EDN

Диапазон входных синфазных напряжений прецизионных усилителей сигналов датчиков тока (current-sense amplifier – CSA) можно расширить до сотен вольт, добавив сдвоенный ОУ общего назначения и несколько дискретных компонентов.

Точность многих CSA весьма высока, но часто подобные усилители разрабатываются в расчете на использование только в аппаратуре с батарейным питанием, и не могут подключаться к шинам с таким высоким напряжением, какое присутствует, скажем, на объединительных панелях стоек. Изображенная на Рисунке 1 схема показывает, как обойти это ограничение и измерять ток в положительном полюсе нагрузки, запитав CSA опорным напряжением стабилизатора (Z1) и

использовав сдвоенный ОУ общего назначения, MOSFET и резисторы для преобразования выходного напряжения усилителя сигналов датчика тока в привязанное к земле напряжение на резисторе.

Основу схемы составляет усилитель сигналов датчиков тока TS1100-100 (U1), выпускаемый компанией Touchstone Semiconductor. На выходе OUT этого усилителя формируется напряжение, в 100 раз большее, чем разность напряжений между входами RS+ и RS–. Например, если $R1 = 50 \text{ мОм}$, то при токе 1 А выходное напряжение микросхемы составит 5 В. Выбор этой микросхемы обусловлен сверхнизким напряжением смещения ее входов с типовым значением 30 мкА и током потребления, не превышаю-



* R6 следует выбирать в соответствии с выражением: $R6 = (VIN - 12 \text{ В})/1 \text{ мА}$

Рисунок 1. Высоковольтный прецизионный усилитель сигналов датчиков тока.

щим 1 мкА. Для управления затвором N-канального MOSFET Q1 усилитель U2A должен обеспечивать диапазон выходных напряжений, равный напряжению на стабилитроне Z1 (12 В), то есть, следует выбирать усилитель rail-to-rail. U2A преобразует напряжение OUT в пропорциональный ток, протекающий через резисторы R3 и R2. Соответственно, падение напряжения на R3 также пропорционально OUT. Операционный усилитель U2B управляет затвором P-канального MOSFET Q2, создавая в резисторе R4 ток, пропорциональный напряжению на выходе OUT. Этот же ток протекает через привязанный к земле резистор R5, с которого снимается сигнал для последующего измерения с помощью системного АЦП. Отметим, что Q2 должен выдерживать полное напряжение между шинами VIN и землей, чем и обусловлен выбор транзистора ZVP1320F с допустимым напряжением сток-исток, равным 200 В.

Точность измерения тока нагрузки этой схемой исключительно высока. Ультранизкое напряжение смещения микросхемы TS1100 позволяет использовать резистор шунта R1 с очень маленьким сопротивлением и, соответственно, с ничтожным падением напряжения на нем. Так, при напряжении между выво-

дами RS+ и RS– равном 1 мВ, порождаемая смещением ошибка в, типичном случае, не превышает 3%. Каждая часть усилителя U2 добавляет к выходному напряжению еще по 0.5 мВ смещения, но в пересчете к входному напряжению RS+/RS– (с учетом усиления схемы, равного 100) создаваемая смещением ошибка не превышает 1 мкВ. Практически, в качестве U2 может использоваться любой сдвоенный ОУ, способный работать при напряжении питания, определяемом стабилитроном Z1, и имеющий напряжение смещения, не вносящее существенного вклада в общую ошибку измерений. При прочих равных условиях, лучше выбирать микроомный ОУ, соизмеримый с TS1100 по току потребления, чтобы сохранить низкое общее энергопотребление схемы. Ошибка усиления определяется точностью резисторов R2–R5. Если их допуск равен 0.1%, результирующая ошибка, с учетом погрешности, вносимой TS1100, будет порядка 0.22%.

Схема может работать при любом входном напряжении, даже при нескольких сотнях вольт. Ее возможности ограничены только транзистором Q2, который должен выдерживать максимальное напряжение VIN. **РЛ**

Защита программного обеспечения устройств, разработанных на базе микроконтроллеров с EEPROM



Сергей Шишкин, г. Саров, Нижегородская обл.

В статье автор представляет способ защиты программного обеспечения в устройствах с микроконтроллерами, имеющими встроенную EEPROM

Бывает так, что отдавая устройство в чужие руки, разработчик (патентообладатель, хозяин устройства), должен быть уверен, что оно будет функционировать только определенное, заранее заданное время. Фактор времени можно «привязать» к количеству включений (включения питания) или выключений устройства. После определенного количества включений (заданного разработчиком) устройство превращается в «мертвое железо». То есть, перестает работать по своему заданному рабочему алгоритму. Указанный пример – лишь частный случай, где можно применить предлагаемую защиту. Сразу оговоримся, предлагаемый вариант защиты работает только в изделиях разработанных на микроконтроллерах, где есть встроенная внутренняя энергонезависимая память (EEPROM). Микроконтроллеры семейства AVR с такой памятью дают самый широкий простор для разработки подобных аппаратно-программных устройств. Для большей надежности желательно, чтобы механизм защиты использовал программные и аппаратные ресурсы, имеющиеся в изделии. Целесообразно исключить функционирование алгоритма защиты (замена кодов доступа, установка и снятие защиты и т. д.) с помощью какого-либо внешнего интерфейса.

Сформируем общие технические требования к устройству, в котором можно приме-

нить предлагаемую защиту. Пусть, как минимум, в изделии имеются трехразрядный семисегментный индикатор, две пользовательские кнопки и незадействованный вывод микроконтроллера для подключения дополнительного «секретного» выключателя. Этих ресурсов более чем достаточно для реализации представляемого механизма защиты. Разработка подобной защиты, фактически, сводится к незначительной доработке уже имеющегося программного обеспечения изделия, при этом задействуются свободные ресурсы микроконтроллера, позволяющие разработать достаточно надежный механизм защиты с простым и удобным интерфейсом. Принципиальная схема такого устройства на микроконтроллере ATmega8535 приведена на Рисунке 1.

В интерфейс механизма защиты входят следующие элементы:

- SA1 – «секретный» выключатель,
- S1, S2 – пользовательские кнопки, задействованные в алгоритме управления устройством, в котором необходимо установить защиту.
- Блок индикации (дисплей) на цифровых семисегментных индикаторах HG1, HG2.

В схеме применены сдвоенные семисегментные индикаторы DA56-11GWA. Поэтому в трехразрядном индикаторе в корпусе HG1

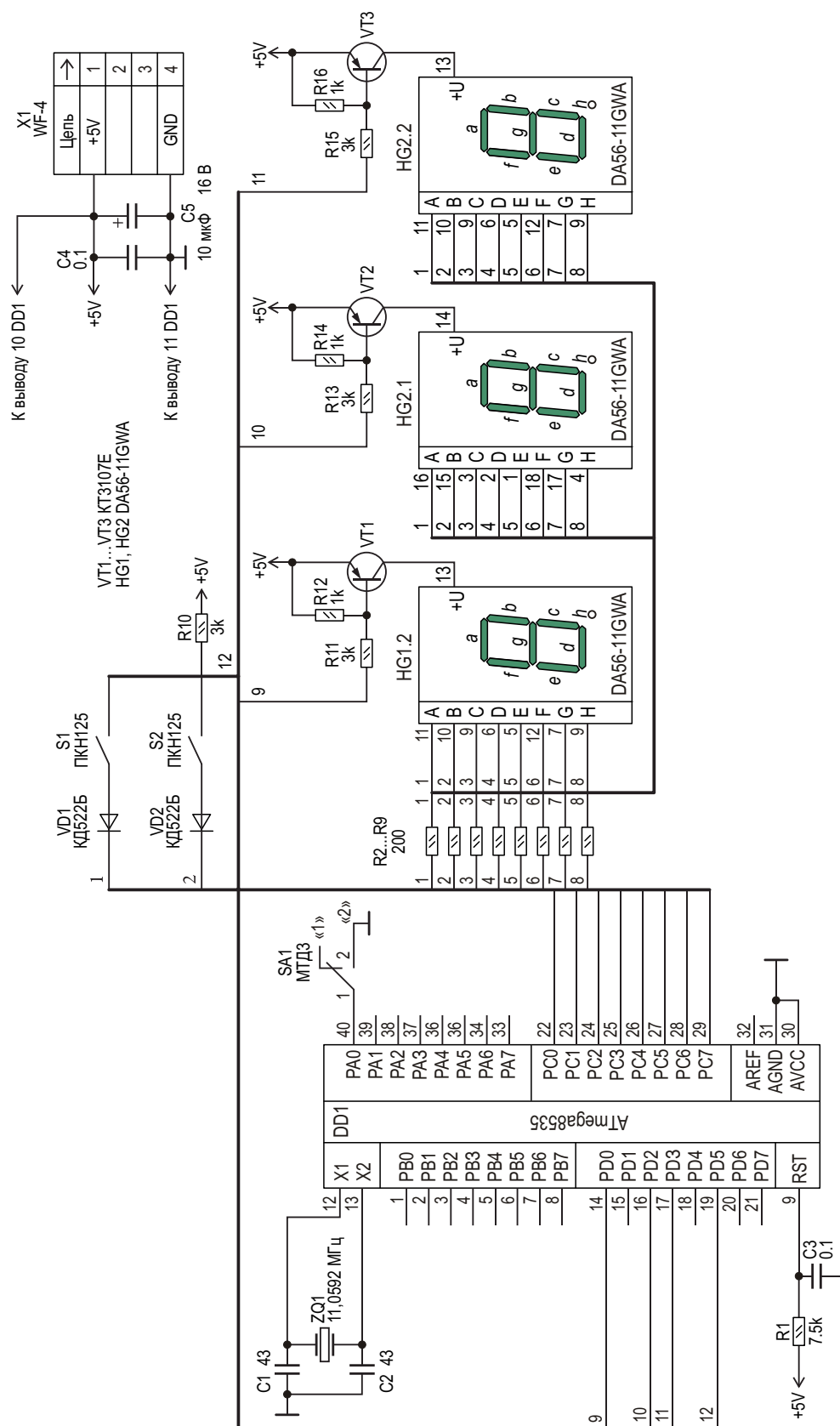


Рисунок 1. Принципиальная схема аппаратной части механизма защиты.

задействован один индикатор, в корпусе HG2 – два. Представленное устройство является функционально законченным, и для демонстрации алгоритма работы механизма защиты может работать самостоятельно.

Алгоритм достаточно прост. В нем можно выделить два режима работы, задаваемых переключателем SA1. Если переключатель находится в положении «1», то механизм защиты находится в рабочем режиме функционирования (основной режим) – режим № 1, если в положении «2», то в режиме задания параметров – режим № 2.

При установленной защите в режиме № 1 сразу после включения устройства (после подачи на него питания) на трехразрядном индикаторе в течение 2 с будет индизироваться число, которое может быть задано любым из диапазона от 1 до 999, кроме кода № 3, о котором будет сказано ниже. Это число будет декрементироваться с каждым включением питания. И, как только его значение станет равным нулю, устройство сразу после включения питания «повиснет», то есть, перестанет отрабатывать заданный алгоритм работы. На дисплее устройства при этом будут индизироваться символы «— — —». Такие же символы будут отображаться при каждом последующем включении питания. Увеличить количество включений, или вообще снять защиту, может только разработчик. Начальное значение числа (от 1 до 999) так же задает разработчик. У дилера есть лишь ограниченная возможность работы, позволяющая ему включить изделие заданное разработчиком количество раз.

Далее, если число включений не равно нулю (после индикации его в течение 2 с, как указывалась выше), устройство начинает работать в соответствии со своим рабочим алгоритмом, и на дисплее отобразится число 555. Понятно, что вывод символов «— — —» и числа 555 необходим лишь для наглядной демонстрации работы устройства защиты. Если программа устройства защиты встроена в программу какого либо изделия, то индикация символов «— — —» означает блокировку алгоритма его работы. Соответственно, вывод числа 555 означает переход на выполнение рабочего алгоритма основной программы. Для снятия защиты перед включением питания необходимо установить выключатель SA1 в положение «2» (режим № 2). При

этом назначение пользовательских кнопок будет следующим:

- S1 – увеличение (инкремент) вводимого числа, которое индизируется при этом на дисплее;
- S2 – ввод (активация) набранного числа.

С помощью кнопок S1 и S2 необходимо набрать и ввести трехразрядный код № 1. Затем, совершенно аналогично, с помощью кнопок необходимо набрать и ввести трехразрядный код № 2. (Фактически, в два приема вводится шестизначный код). После ввода каждого кода (неважно – верного, или ошибочного) индикаторы индизируют нули.

Если коды введены правильно, устройство перейдет в режим, в котором можно задать число включений или снять защиту. Далее кнопками S1 и S2 нужно задать любое число от 1 до 999. В этом диапазоне есть число, снимающее защиту. Это число и есть код № 3. То есть, набирая количество включений, равное коду № 3, мы снимаем защиту, а при вводе любого другого задаем число включений. Чтобы снять защиту, фактически, нужно знать 9-разрядный код, «вычислить» который просто нереально. Коды № 1...№ 3 знает только разработчик.

Далее необходимо выключить устройство, установить выключатель SA1 в положение «1» и снова включить. Если защита не установлена или снята, то устройство сразу начнет отрабатывать рабочий алгоритм (с индикацией числа 555). Кнопки S1 и S2 будут выполнять функции в соответствии с заданным алгоритмом функционирования изделия. Если защита установлена и задано число включений, то, как отмечалось выше, сразу после включения устройства в течение двух секунд будет индизироваться текущее число включений, которое будет декрементироваться с каждым новым включением, после чего начнется отработка основного рабочего алгоритма. Целесообразно ограничить доступ к выключателю SA1. Конструктивно это сделать не так уж и сложно.

Все пересылки данных происходят внутри микроконтроллера. У злоумышленника нет никакой возможности их контролировать и отследить момент сравнения вводимого кода, с хранящимися в памяти. Не поможет и знание рабочего алгоритма устройства. Вводимые коды находятся во внутренней памяти программ микроконтроллера под битами защиты. Понятно, что эти биты нужно не

забыть установить при программировании микроконтроллера.

Даже если злоумышленник «вычислит» выключатель SA1 – не беда. Для того чтобы войти в опцию задания числа включений, необходимо два раза ввести трехразрядный код. А чтобы снять защиту – три раза трехразрядный. В перспективе, разобравшись в программе, для увеличения степени защиты код доступа легко можно сделать 12- или 15-

разрядным. Понятно, что степень защиты можно еще увеличить, если в устройстве задействован 4-разрядный индикатор. Так что, перебор всех возможных комбинаций, даже при шестиразрядном коде, просто нерелен.

Конструктивно выключатель SA1 можно вообще исключить, запаяв вместо него, например, два штыря в разных местах платы, и замыкать их проводником, подключая, тем

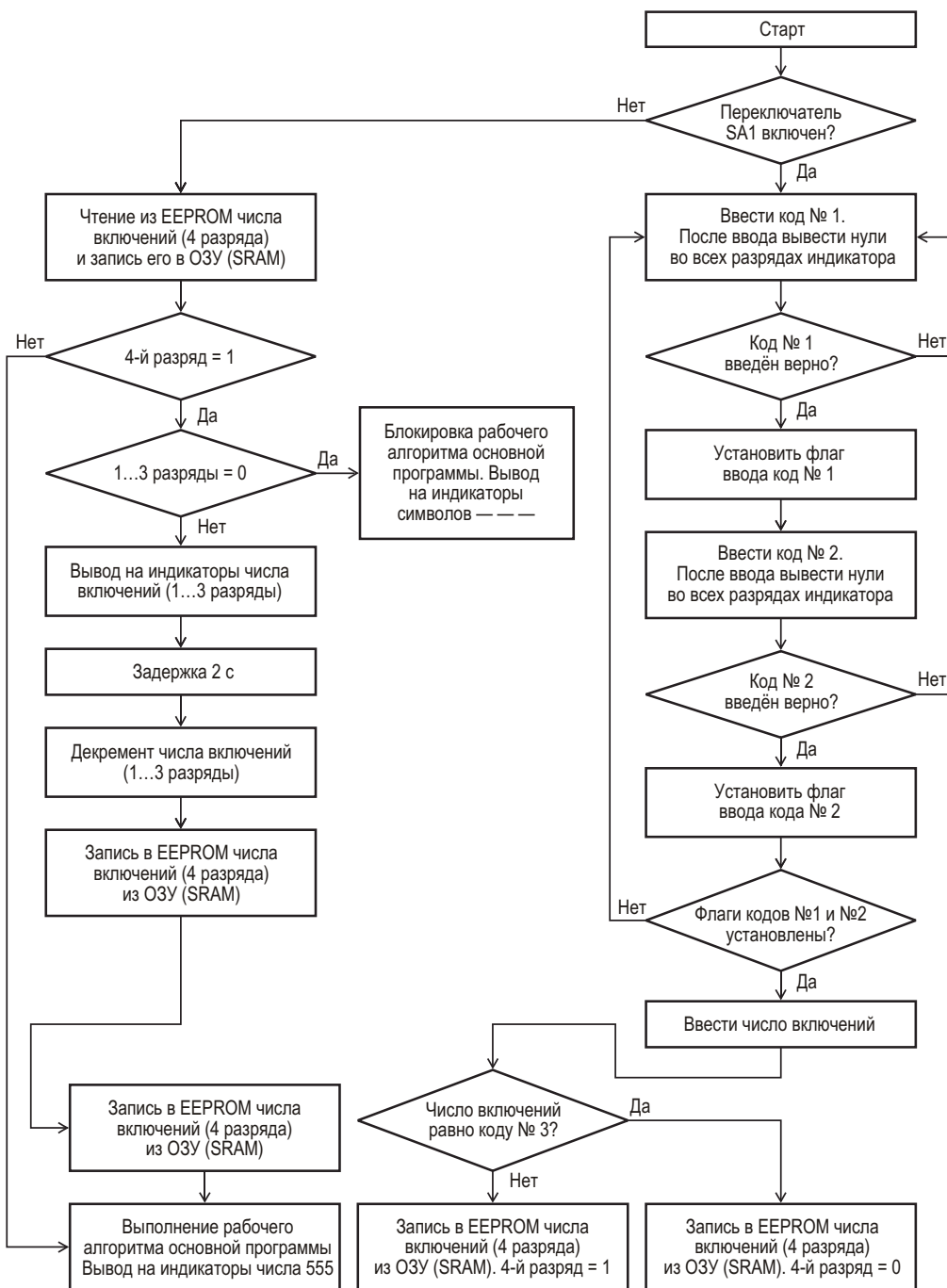


Рисунок. 2. Блок-схема устройства защиты.

самым, соответствующий вывод микроконтроллера к общему проводнику устройства. Алгоритм работы представляемой защиты представлен блок-схемой на Рисунке 2.

Совсем коротко о программном обеспечении механизма защиты. Оно было разработано в среде AVR Studio. В программе используются два прерывания: Reset и прерывание от таймера T0, обработчик которого начинается с метки *TIM0*. При переходе на метку Reset инициализируются стек, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программе. Таймер T0 генерирует прерывания по переполнению (в регистре TIMSK установлен бит TOIE0). Коэффициент предварительного деления тактовой частоты таймера установлен равным 64 (в регистре TCCR0 записано число 3).

В обработчике прерывания таймера T0 выполняется:

- процедура опроса кнопок S1, S2, выключателя SA1,
- управление динамической индикацией,
- запись числа включений в EEPROM микроконтроллера,
- чтение числа включений из EEPROM,
- перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на семисегментных индикаторах устройства,
- формирование временного интервала длительностью две секунды, необходимого для демонстрации числа включений на дисплее устройства.

Задействованные в программе флаги находятся в регистрах R19 (*flo*) и R25 (*flo1*). Отображаемое на дисплее число состоит из трех разрядов, а заносимое в EEPROM микроконтроллера – из четырех. Каждый разряд занимает один байт в ОЗУ и, соответственно, в EEPROM. Первые три разряда задают количество включений. Четвертый разряд не отображается на дисплее, его назначение следующее. Если разряд содержит единицу – значит, защита установлена, если ноль – защита снята (Рисунок 2). При инициализации в четвертый разряд заносится единица. Как видно из блок-схемы, блокировка рабочего алгоритма основной программы происходит при обнулении числа включений.

В ОЗУ микроконтроллера с адреса RAM = \$60 организованы четыре буфера для динамической индикации. Буфер № 1 необходим для отображения чисел и кодов, которые

необходимо инкрементировать (число включений, коды №№ 1...3). Число включений из буфера № 1 в режиме № 2 заносится в EEPROM микроконтроллера.

Функциональное назначение каждой ячейки буфера № 1 следующее:

\$61 – ячейка для хранения «сотен» числа включений и кодов №№ 1...3 (первый разряд индикатора, слева направо);

\$62 – ячейка для хранения «десятков» числа включений и кодов №№ 1...3 (второй разряд индикатора);

\$63 – ячейка для хранения «единиц» числа включений и кодов №№ 1...3 (третий разряд индикатора);

\$64 – ячейка для хранения числа 0 или 1, определяющего установку или снятие защиты.

При инициализации в ячейку с адресом \$64 записывается число 1, в остальные ячейки буфера № 1 заносятся нули. С адреса RAM+6 начинается буфер отображения № 2 для динамической индикации. В этот буфер в режиме № 1 из EEPROM микроконтроллера переносится число включений, которое индицируется в течении 2 с, потом декрементируется и записывается в EEPROM микроконтроллера. При инициализации в буфер № 2 заносятся нули. С адреса RAM+12 начинается буфер отображения № 3. При инициализации в каждую ячейку буфера № 3 заносится число \$A, которое после перекодировки в каждом разряде индицируется как символ «—». В итоге, на дисплее индицируются символы «— — —». Это происходит только при блокировке рабочего алгоритма основной программы. С адреса RAM+17 начинается буфер отображения № 4, в каждую ячейку которого при инициализации заносится число 5, в результате чего на дисплее формируется число 555. Это число выводится при переходе на рабочий алгоритм основной программы. Коды № 1...№ 3 в программе заданы, соответственно, как 010, 011, 012, а метки перехода на отображение буферов № 3 и № 4 обозначены *osn2* и *osn3*.

Информация, записанная в буферы отображения № 3, и № 4, как уже отмечалось, нужна лишь для наглядности во время демонстрации работы устройства, часть принципиальной схемы которого приведена на Рисунке 1. Написанная на ассемблере программа защиты вместе с подпрограммой динамической индикации занимает всего

1 КБ памяти. Защита достаточно универсальна, ее можно адаптировать к любому устройству с микроконтроллером, с учетом вышеуказанных требований. Программу

легко доработать, повысив степень защиты. Предлагаемую защиту можно встроить в различные приборы, меняя при этом только коды доступа. **РЛ**

Загрузки

Исходный код программы защиты на ассемблере и HEX-файл

Недорогой драйвер мощной нагрузки на микросхеме LM555

Rick Mally

Electronic Design

Мощные двухтактные драйверы широко используются в самых разнообразных приложениях, включая, в частности, управление затворами транзисторов и формирование сигналов в линиях передачи данных. Для этих целей выпускается множество специализированных микросхем, однако, как правило, они недешевы и не взаимозаменяемы у различных производителей. Кроме того, срок жизни таких приборов, чаще всего, очень невелик. Они быстро снимаются с производства, заменяются новыми, и становятся труднодоступными. Но, к счастью, повсеместно распространенный, дешевый, выпускаемый на протяжении многих десятилетий таймер LM555 (не КМОП версия!) может с успехом выполнять функции мощного драйвера.

Мощный двухтактный выходной каскад таймера и диапазон напряжений питания от

4.5 до 16 В позволяют использовать микросхему LM555 и как буфер, и как инвертор. Если одного драйвера недостаточно, разработчики могут взять микросхему сдвоенного таймера LM556, лишь незначительно увеличив этим свои затраты и занимаемую площадь печатной платы. Наконец, существуют и четырехканальные таймеры LM558, но они не столь распространены и доступны, как первые два.

Для реализации функции буфера выводы таймера должны быть подключены в соответствии с Рисунком 1. Входом схемы будет вывод сброса (4) с порогом переключения между 0.5 и 1 В, что позволит, независимо от величины V_{CC} , использовать для управления буфером выходы стандартной логики с напряжением питания 5, 3.3, и даже 1.8 В. Вход запуска таймера (вывод 2) может слу-

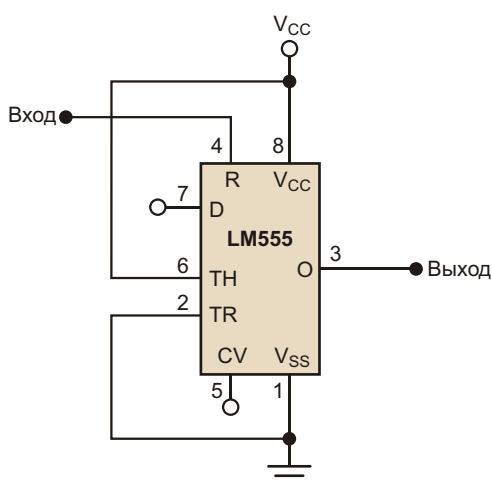


Рисунок 1. Используя вывод сброса таймера LM555 в качестве входа схемы, можно сделать буфер, управляемый сигналами стандартной логики с напряжением питания от 1.8 до 5 В.

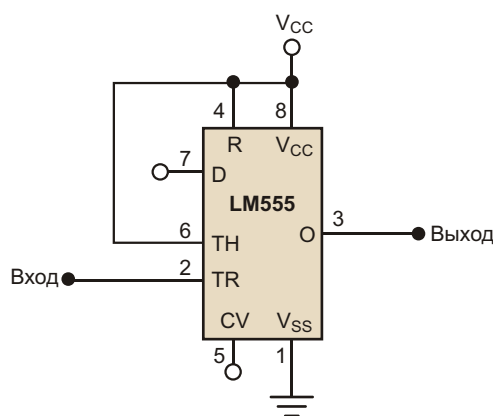


Рисунок 2. Если вывод запуска таймера LM555 использовать как выход, можно сделать схему инвертирующего буфера.

жить в качестве линии разрешения с высоким активным уровнем, хотя по логическим уровням с выводом сброса он будет несовместим.

В инвертирующей конфигурации входом схемы служит вывод запуска с пороговым уровнем $0.334 V_{CC}$ (Рисунок 2). Кроме того, в качестве линии разрешения с высоким активным уровнем может использоваться вход сброса с теми же пороговыми уровнями, о которых говорилось выше.

При допустимом втекающем/вытекающем токе 200 мА и напряжении питания 12...15 В таймер LM555 может управлять затворами большинства MOSFET и IGBT при частоте переключения более 250 кГц. При этом не требуется даже фиксирующего диода на

затворе, а цена драйвера оказывается минимальной. Для управления затворами последовательно с выходом следует включать резистор с сопротивлением от 5 до 10 Ом для минимизации «звона» и переходных токов. Кроме того, в цепи питания таймера должен быть установлен танталовый или керамический блокировочный конденсатор емкостью не менее 1 мкФ.

В обеих схемах вывод цепи разряда (7) можно использовать как дополнительный выход с открытым коллектором с допустимым напряжением до 18 В. Контрольный вывод (5) либо оставляют неподключенным, либо используют для управления пороговыми уровнями внутренних компараторов таймера. **РЛ**

Простой пробник позволяет тестировать цифровые микросхемы

Raju Baddi, Индия

EDN

В статье рассматривается простой, но мощный портативный прибор, выполняющий функции логического пробника и генератора импульсов. Прибор окажется полезным при проверке цифровых микросхем в корпусах DIP, таких, как логические элементы, триггеры и счетчики. С помощью специальной платы с установленной панелькой и трехпозиционными переключателями на любой вывод тестируемой микросхемы можно подать логические сигналы «1» или «0», или напряжения питания (5 В или 0 В).

Три кнопки, два двухцветных светодиода и два щупа помещены в пластиковый цилиндрический корпус, в качестве которого можно использовать, например, пустую трубу от клеящего карандаша. Наконечник щупа генератора импульсов сделан в форме крючка, что позволяет удобно подключать его к контактам переключателей на плате тестового приспособления. Наконечник крепится на пружину от гелевой ручки с убирающимся стержнем. Такая гибкая конструкция позволяет свободно перемещать щуп логического пробника между выводами тестируемой микросхемы. Две из трех кнопок предназначены для установки исходного логического уровня на выходе генератора импульсов. При коротком нажатии на третью кнопку уровень на выходе генератора переключается на противоположный. Если продолжать удерживать эту кнопку нажатой более 2 секунд, схема переходит в режим генерации непрерывной последовательности импульсов.

На первом таймере микросхемы IC_{1A} NE556 собран ждущий мультивибратор, фор-

мирующий 2-секундные импульсы управления генератором, образованным логическим элементом G₁, резистором R₁ и конденсатором C₁ (Рисунок 1а). G₄ служит для буферизации схемы. С выхода ждущего мультивибратора импульсы длительностью 1 мс также проходят через элементы G₂ и G₃, блокирующие прохождение сигнала с выхода автоколебательного мультивибратора, выполненного на втором таймере микросхемы NE556 (IC_{1B}). Для подавления ложных импульсов на выходе Щупа А, возникающих из-за дребезга контактов кнопки S₁, IC_{1B} необходимо удерживать в неактивном состоянии подачей низкого уровня на вход сброса (вывод 4) посредством транзистора Q₁, в базу которого включен конденсатор 0.68 мкФ.

При кратковременном нажатии кнопки S₁ срабатывает ждущий мультивибратор, на выходе которого приблизительно на 2 секунды появляется высокий уровень напряжения. Импульсы длительностью 1 мс от генератора, сформированного элементами G₁, R₁, C₁ и G₄, достигают Щупа А, проходя через логическую схему «исключающее ИЛИ», собранную на элементах G₅...G₈. На это время выход автоколебательного мультивибратора IC_{1B} отключается от входа схемы «исключающее ИЛИ» элементом G₃. Если не отпускать кнопку S₁ более 2 с, ждущий мультивибратор отработает свой импульс, элемент G₃ откроется, и на выход пробника от микросхемы IC_{1B} будет поступать последовательность импульсов с частотой 70 Гц.

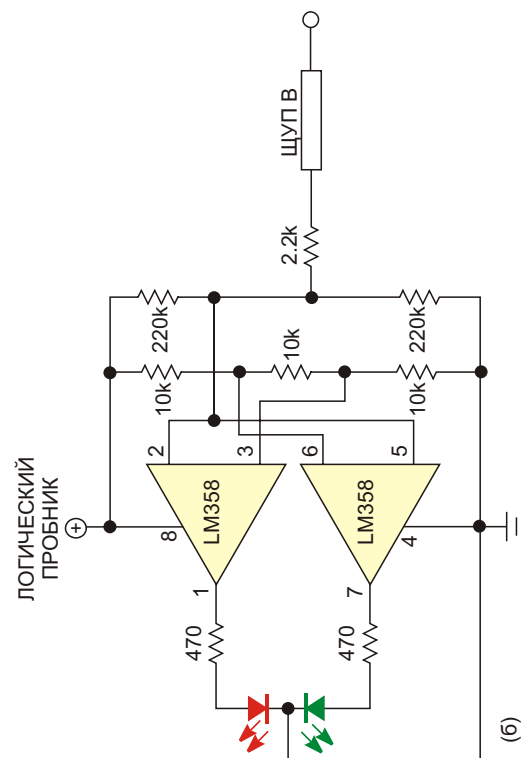
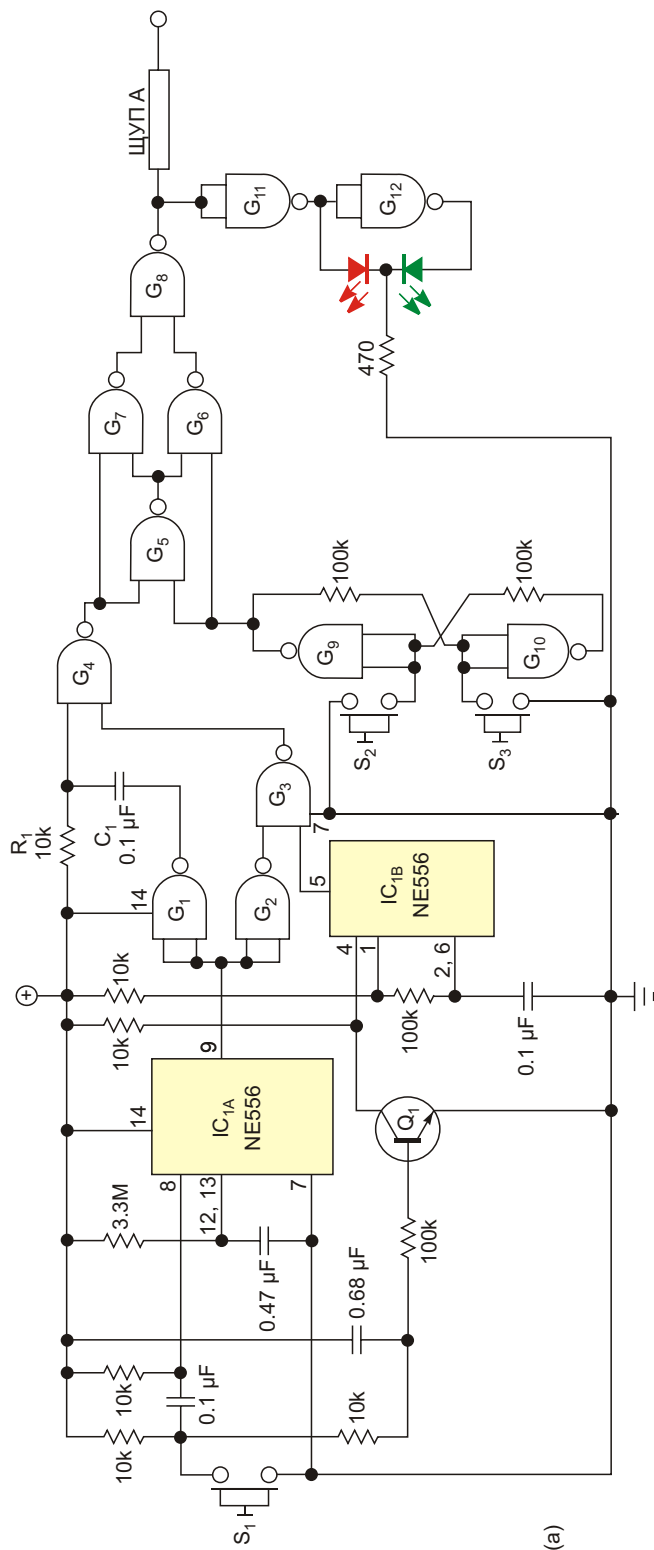


Рисунок 1. Схема сочетает аналоговые и цифровые функции. Щуп А является выходом генератора импульсов, а Щуп В – входом логического пробника (а). На схеме не показан фильтрующий питание конденсатор емкостью 100 мкФ. Красный светодиод индицирует уровень логического нуля, зеленый – уровень логической единицы (б).

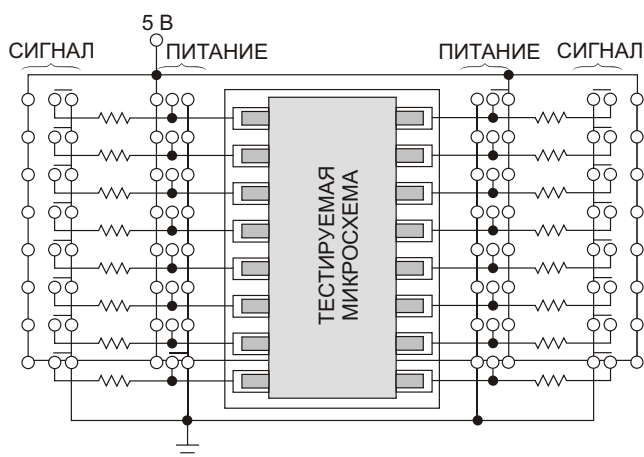


Рисунок 2. Конфигурирование вспомогательного приспособления для тестирования цифровых микросхем производится с помощью трехпозиционных переключек.

Элементы G_9 и G_{10} образуют триггер, «запоминающий» последнее нажатие кнопок S_2 или S_3 и управляющий режимом работы (инвертирующий или неинвертирующий) схемы «исключающее ИЛИ». G_{11} и G_{12} предназначены для управления двухцветным светодиодом, индицирующим полярность импульсов генератора. Красный цвет свечения указывает на то, что в исходном состоянии выход генератора находится в состоянии «лог. 0», а генерируемый импульс длительностью 1 мс имеет положительную полярность. Зеленый цвет указывает на противоположное.

Операционный усилитель LM358 выполняет функцию оконного компаратора логического пробника (Рисунок 16). При указанных на схеме номиналах компонентов красный светодиод включается, если напряжение на Щупе В не достигает 35% от напряжения питания, а зеленый – если напряжения питания превышает более чем на 65%. При промежуточных уровнях напряжения не включится ни один из светодиодов. Подбором резисторов делителя на входах усилителя можно уменьшить нижний порог, что позволит проверять ТТЛ схемы, стандартный уровень «лог. 0» которых составляет менее 0.8 В.

Если использовать в пробнике микросхемы CD4011 (четыре элемента «2И-НЕ»), то питать его можно от внешнего источника напряжения 4.5...15 В. Для элементов G_1 – G_4 лучше выбрать микро-схему CD4093 (четыре элемента «2И-НЕ» с триггерами Шмита), чтобы гарантировать отсутствие паразитной генерации, обусловленной малой скоростью нарастания напряжения на времязадающем конденсаторе C_1 . При необходимости увеличить нагрузочную способность генератора на его выходе можно установить пару NPN и PNP транзисторов.

На Рисунке 2 показана схема приспособления для тестирования цифровых микросхем. 16-выводная панелька под тестируемую микросхему конфигурируется пользователем с помощью набора трехпозиционных переключек. Любой вывод можно подключить, непосредственно, или через резистор, к

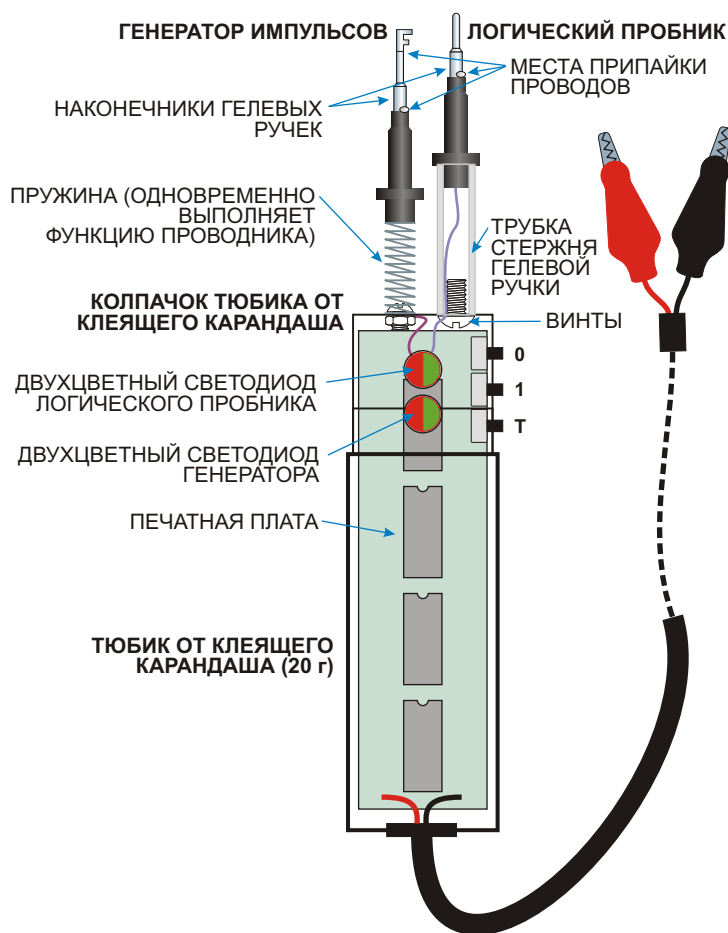


Рисунок 3. Для подачи сигнала необходимо подключить гибкий Щуп А генератора импульсов к нужному входу тестируемой микросхемы, затем Щупом В пробника коснуться соответствующего штырька или выхода.

шинам +5 В или «земля», чтобы задать на нем либо логический уровень напряжения, либо уровень источника питания. Выбор номиналов резисторов не критичен, вполне подойдут резисторы с сопротивлением порядка 2 кОм. Чтобы установить уровень, соответствующий «лог. 0» ТТЛ, вход тестиру-

емой микросхемы должен быть подключен непосредственно к «земле». Для подачи сигнала необходимо подключить гибкий Щуп А генератора импульсов (Рисунок 3) к нужному входу тестируемой микросхемы, затем Щупом В пробника коснуться соответствующего штырька или выхода. **РЛ**

Загрузки

Конструкция пробника, печатные платы, примеры конфигурирования платы для тестирования



РАДИОЛОЦМАН

Журнал для тех, кто интересуется электроникой

Скоро новые
тематические номера:

- ▶ **автоматизация**
- ▶ **автоэлектроника**
- ▶ **аккумуляторы и зарядные устройства**

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

приглашаем к сотрудничеству!