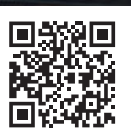


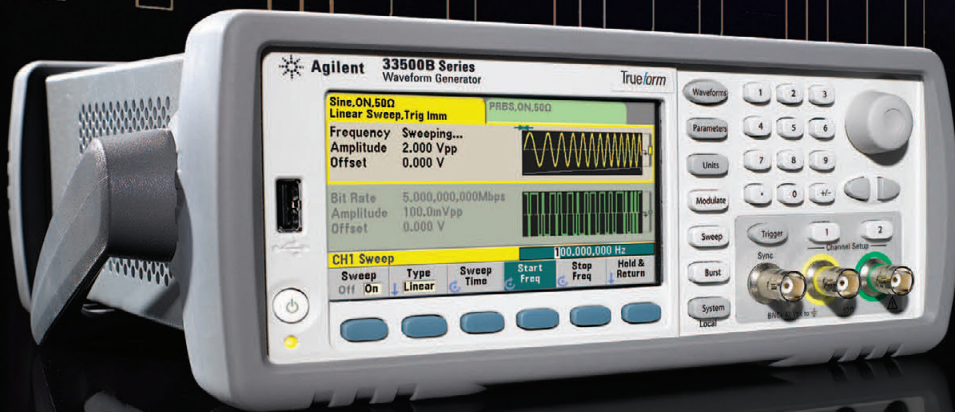
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2 2013

В номере:

- ДВОЙНЫЕ ТИРИСТОРНЫЕ МОДУЛИ IXYS
- УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ С GSM/GPRS ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ
- ОСОБЕННОСТИ АНАЛОГОВЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДАТЧИКОВ
- РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
- МНОГОКАНАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК НА МК



Источник сигналов идеально точной формы. Эксклюзивная технология Trueform.



Генераторы сигналов серии 33500В до 30 МГц с эксклюзивной технологией Trueform обеспечивают высочайшее качество выходного сигнала, более широкие возможности и гибкость по сравнению с традиционными генераторами на основе технологии прямого цифрового синтеза. Воспользуйтесь всеми преимуществами в точности, гибкости и надежности, столь необходимыми для создания и тестирования электронных устройств и компонентов, и ускорьте вывод на рынок новейших продуктов.

Генераторы сигналов произвольной формы Agilent 33500В

Уровень гармонических искажений синусоидальных сигналов (0,04%) в 5 раз ниже, чем у аналогичных приборов

Уровень джиттера при генерации импульсных сигналов (40 пс) более чем в 10 раз ниже, чем у аналогичных приборов

Амплитуда выходного сигнала от 1 мВ до 10 В (размах) с разрешением 16 бит

8 моделей с возможностью модернизации

2 канала (по Вашему выбору) дают возможность формирования IQ-сигналов

Agilent и наши дистрибьюторы

Нужные приборы. Профессиональная поддержка. Здесь и сейчас.

Закажите генератор 33500В с диапазоном частот 30 МГц по цене 20ГГц модели www.agilent.com/find/TrueformWW



Просканируйте QR-код или посетите сайт goo.gl/XTrPE, чтобы посмотреть видеоролики или узнать больше о технологии Trueform

© Agilent Technologies, Inc.
Тел: 8 800 500 92 86

Предвидеть — опережать — побеждать



Agilent Technologies



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

Контрактное производство



электронных изделий любой сложности по конструкторской документации заказчика

★ **Электронные компоненты**

Поставка отечественных и импортных радиоэлектронных компонентов и материалов, полное комплектование производственных программ



★ **Поставка печатных плат**

ДОЛОМАНТ является партнером мировых лидеров по производству печатных плат



★ **Монтаж печатных плат**

Уникальные автоматизированные технологические линии для SMT- и THT-монтажа. Все виды работ по стандартам ГОСТ и IPC



★ **Сборка приборов, стоек, шкафов**

Полный цикл производства электроники



Заказные разработки



в соответствии с ТЗ заказчика, в том числе изделий специального назначения

Разработка и производство электронного оборудования и программного обеспечения



Более 500 изделий для специальных применений и жестких условий эксплуатации

Поставка в качестве второго поставщика



Более 400 000 наименований изделий иностранного производства под контролем военного представительства

Специальные проверки и исследования

Контакты Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108
Тел.: (495) 232-2033, факс: (495) 232-1654
Web: www.dolomant.ru, E-mail: info@dolomant.ru
Заказные разработки E-mail: cd@dolomant.ru

Контрактное производство электроники Россия, 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3
Тел.: (495) 739-0775, факс: (495) 739-0776
E-mail: product@dolomant.ru

Реклама



Главный редактор
Алексей Смирнов

Зам. главного редактора
Татьяна Крюк

Редакционная коллегия
Александр Балакирев, Андрей Данилов,
Андрей Туркин, Виктор Жданкин,
Сергей Сорокин, Рифат Хакимов

Корректор
Ольга Семёнова

Вёрстка
Олеся Фрейберг

Обложка
Дмитрий Юсим

Распространение
Ирина Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама
Ирина Савина
(advert@soel.ru)

Издательство «СТА-ПРЕСС»

Директор Константин Седов
Почтовый адрес:
119313, Москва, а/я 26
Телефон: (495) 232-0087
Факс: (495) 232-1653
Сайт: www.soel.ru
E-mail: info@soel.ru



Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год
Тираж 10 000 экземпляров
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия
(свидетельство ПИ № ФС77-18792
от 28 октября 2004 года)
Свидетельство № 00271-000
о внесении в Реестр надёжных партнеров
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации
Цена договорная

Отпечатано: ООО ПО «Периодика»
Адрес: 105005, Москва, Гарднеровский пер.,
д. 3, стр. 4
http://www.printshop13.ru

Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей
несут авторы.
Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2013

2/2013 Contents

MARKET

News from the Russian Market 4

MODERN TECHNOLOGIES

Trueform Waveform Generation Technology 8

Aleksei Begishev

ELEMENTS AND COMPONENTS

HARTING: Success Story 12

Olga Romanovskaya

IXYS Double Thyristor Modules 16

Igor Vasiliev

Power Modules 20

Igor Tverdov, Il'ya Plotkin, Sergei Zatulov, Dmitrii Shasholka, Aleksei Morozov

DEVICES AND SYSTEMS

ZigBee LightLink: Simplicity, Convenience and Efficiency 28

Aleksandr Kalachev

Network Devices for Cloud Computing 32

Vladimir Vychuzhanin

Effective Channels To Control GSM/GPRS Devices through Internet 38

Aleksandr Eliseev

ENGINEERING SOLUTIONS

The Features of Analog Interface Sensors. Part 1 44

Oleg Dvornikov, Vladimir Chekhovskii, Valentin Dyatlov, Nikolai Prokopenko

Thyristor Controller for DC Commutator Motor Speed 50

Aleksei Kuzminov

Wireless Precision Timing System with the Primary Element of the GPS. Part 1 54

Pavel Red'kin

Microcontroller-Based Multichannel Counter 60

Sergei Shishkin

DESIGN AND SIMULATION

Effective Use of High-Speed Rules in Cadence® Allegro® PCB Editor 64

Anatolii Sergeev

The Topical Issues Arising at Development of LED Lamps 70

Sergei Matveev

EVENTS

Avionics 75 Years Ago 76

Vladimir Bartenev

Содержание 2/2013

РЫНОК

4 **Новости российского рынка**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

8 **Технология генерации сигналов Agilent Trueform**

Алексей Бегишев

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

12 **Компания HARTING: история успеха**

Ольга Романовская

16 **Двойные тиристорные модули IXYS**

Игорь Васильев

20 **Модульные блоки питания**

Игорь Твердов, Илья Плоткин, Сергей Затулов, Дмитрий Шашолка, Алексей Морозов

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

28 **Технология ZigBee LightLink – просто, удобно, эффективно**

Александр Калачёв

32 **Сетевые устройства для реализации «облачных вычислений»**

Владимир Вычужанин

38 **Создание эффективных каналов управления устройствами GSM/GPRS через Интернет**

Александр Елисеев

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

44 **Особенности аналоговых интерфейсов датчиков. Часть 1**

Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко

50 **Тиристорный регулятор скорости вращения коллекторных двигателей постоянного тока**

Алексей Кузьминов

54 **Беспроводная система точного времени с первичным датчиком от GPS. Часть 1**

Павел Редькин

60 **Многоканальный счётчик на микроконтроллере**

Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

64 **Эффективное использование высокоскоростных правил в Cadence® Allegro® PCB Editor**

Анатолий Сергеев

70 **Актуальные вопросы, возникающие при разработке светодиодных светильников**

Сергей Матвеев

СОБЫТИЯ

76 **Бортовая радиоэлектроника 75 лет назад**

Владимир Бартнев

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Число бесплатных подписчиков журнала «Современная электроника» неуклонно растёт, соответственно растёт и число рассылаемых по почте журналов. Безусловно, нам приятно осознавать рост читательского интереса к нашему журналу. Но вместе с тем, всё больше подписчиков сообщают нам о фактах пропажи журнала на почте или из почтового ящика.



Редакция гарантирует только отправку журнала бесплатному подписчику, но не может гарантировать его доставку.

Риск пропажи журнала можно уменьшить. Во-первых, можно обратиться в отдел доставки вашего почтового отделения и оформить получение журнала до востребования. Во-вторых, можно оформить платную подписку на журнал, и в этом случае почта будет нести ответственность за его доставку.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

Преимущества:

- подписаться может любой желающий, тогда как бесплатная подписка оформляется только для специалистов в области электроники. Поступающие в редакцию подписные анкеты тщательно обрабатываются, и часть их отсеивается;
- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- эту подписку могут оформить иностранные граждане.

«Роспечать»

Оформить платную подписку можно в почтовом отделении через агентство «Роспечать». Тел.: (495) 921-2550. Факс: (495) 785-1470

Подписаться можно как на 6 месяцев, так и на год. Подписные индексы по каталогу агентства «Роспечать»: на полугодие – **46459**, на год – **36280**.

Кроме того, можно оформить платную подписку через альтернативные подписные агентства.

«Агентство “ГАЛ”»

Тел.: (495) 981-0324, (800) 555-4748
<http://www.setbook.ru>

«Интер-Почта-2003»

Тел./факс: (495) 500-0060; 788-0060
interpochta@interpochta.ru
<http://www.interpochta.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 961-2362
<http://www.ural-press.ru>

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

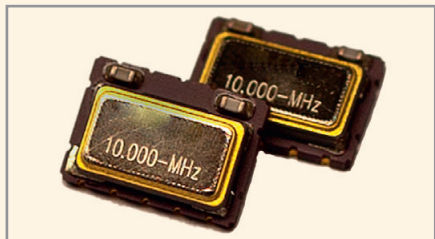
Тел.: +7 (495) 672-7012
Факс: +7 (495) 306-3757
info@periodicals.ru

Новости российского рынка

Элементы и компоненты

Миниатюрный прецизионный термокомпенсированный кварцевый генератор ГК176-ТК (УНТК) в SMD-исполнении

ОАО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) – ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты – представляет миниатюрный прецизионный термокомпенсированный кварцевый генератор ГК176-ТК (УНТК) в SMD-исполнении.



ГК176-ТК поставляется на частоты 5...50 МГц и характеризуется высокой температурной стабильностью до $\pm 0,1 \times 10^{-6}$ для интервалов рабочих температур $-40...+85^\circ\text{C}$. Генератор может поставляться как с фиксированной частотой, так и в варианте с внешним управляющим напряжением питания (УНТК) с выходными сигналами типа «урезанный синус» или КМОП. Доступные напряжения питания: 2,7, 3,0, 3,3 и 5,0 В. Также доступны два стандартных типа корпусов с размерами 7,0 × 5,0 и 5,0 × 3,2 мм.

Особое внимание при производстве генераторов уделяется обеспечению низких уровней фазовых шумов, а также отсутствию каких-либо скачков частоты в интервале рабочих температур, что делает данные изделия идеальным решением для применения в связном и навигационном оборудовании различного назначения. Генераторы могут поставляться с комплексом параметров, соответствующих требованиям аварийно-спасательных систем КОСПАС/Sarsat и телекоммуникационного оборудования уровня Stratum III.

Ведутся работы по снижению нижнего предела интервала рабочих температур до -55°C , а также по выпуску данного генератора в категории качества «ВП».

www.morion.com.ru

Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

Новое поколение перестраиваемых коаксиальных магнетронов 8-мм диапазона длин волн

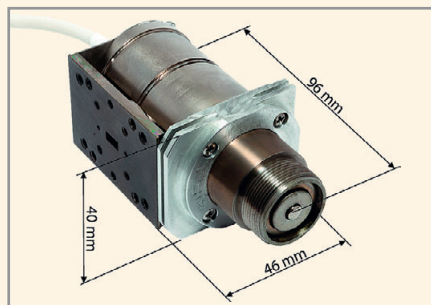
В 2011 г. ведущим производителем электровакуумных СВЧ-компонентов в России

ОАО «Плутон» были разработаны коаксиальные безнакальные перестраиваемые магнетроны 8-мм диапазона длин волн МИ-711 и МИ-712 с выходной импульсной мощностью 7 и 5 кВт соответственно.

Данные магнетроны представляют новое поколение перестраиваемых коаксиальных магнетронов 8-мм диапазона длин волн, имеющих безнакальное включение и многократно улучшенные характеристики по долговечности, массе и габаритам по сравнению с ранее разработанными образцами магнетронов.

Основные параметры магнетронов МИ-711 и МИ-712:

- выходная импульсная мощность – 7 и 5 кВт соответственно;
- напряжение анода – не более 6,7 и 6,0 кВ соответственно;
- диапазон перестройки частоты – более 1000 МГц (до 1500 МГц);
- потребляемая импульсная мощность – 36 и 28,8 кВт соответственно;
- скважность – 600;
- длительность импульса – 0,5 мкс;
- масса магнетрона – не более 0,55 кг;
- габариты – 96 × 46 × 40 мм.



Магнетрон не требует какого-либо накала для разогрева катода.

Долговечность по ТЗ и ТУ составляет 1000 ч, однако проведенные в 2012 г. испытания уже подтвердили долговечность 6000 ч. Испытания продолжаются.

www.pluton.msk.ru

Тел.: +7 (495) 916-8701

Ускоренные испытания подтвердили длительный срок службы OLED-дисплеев компании Raystar Optronics с зелёным цветом свечения экрана

Целью компании Raystar Optronics является стать лидером на рынке OLED-дисплеев с пассивно-матричной адресацией (PM OLED). В настоящее время компания уже находится на пути к становлению поставщика PM OLED мирового класса в промышленности.



Недавно компания опубликовала результаты ресурсных испытаний для OLED-дисплеев с зелёным цветом свечения экрана. В качестве образцов для испытаний использовалось 10 буквенно-цифровых дисплеев REC001602A с зелёным цветом свечения экрана. Результаты испытаний подтвердили длительный срок службы дисплеев OLED: более 100 000 ч (вычисленная оценка с ускоряющим коэффициентом 18,125). Испытания проводились в лаборатории King Design Industrial Co. в следующих условиях:

- температура окружающей среды $+25 \pm 10^\circ\text{C}$;
- относительная влажность $60 \pm 20\%$;
- окончание срока службы определялось, когда яркость изображения («шахматная доска») снизилась до 50% от первоначальной яркости;
- первоначальная яркость образца составляла 297,375 кд/м² без применения поляризатора;
- для оценки эксплуатационного ресурса по результатам испытаний использовалось значение температуры $+80^\circ\text{C}$ для учёта испытания на старение.

Ускоряющий коэффициент (AF, acceleration factor) определяется по формуле:

$$AF = \frac{\text{время выдержки (L\%, комнатная температура)}}{\text{время выдержки (L\%, высокая температура)}}$$

Уменьшение яркости свечения при воздействии высокой температуры $+80^\circ\text{C}$: 93,3%. Выдержка при комнатной температуре: 3480 ч. Выдержка при высокой температуре: 192 ч. Ускоряющий коэффициент: $3480/192 = 18,125$.

Срок службы определяется по формуле:

$$\text{Срок службы} = \text{ускоряющий коэффициент} \times \text{время (уменьшение яркости на 50\%, высокая температура)}$$

Срок службы: $50,4\% >$ выдержка при высокой температуре: 5592 ч $>$ при комнатной температуре: $18,125 \times 5592 = 101\,355$ ч.

Характеристики буквенно-цифрового OLED-дисплея REC001602A:

- разрешение: 16 × 2;

Новости российского рынка

- габариты, мм: 80 × 36;
- видимая область экрана, мм: 66 × 16;
- рабочее поле, мм: 56,95 × 11,85;
- размер пиксела, мм: 0,5 × 0,6;
- шаг пиксела, мм: 0,6 × 0,7;
- цвет свечения: жёлтый, зелёный, белый.

Основные свойства OLED-дисплеев:

- низкая потребляемая мощность: 10 мА (схемы управления OLED токовые);
- светоэмиссионная схема: не требуется система подсветки;
- высокий контраст 2000 : 1 и считывание изображения при ярком солнечном свете;
- яркость экрана: от 500 до 2000 кд/м²;
- широкий угол обзора: до ±175°;
- короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C;
- широкий диапазон рабочих температур: от -40 до +80°C;
- малая толщина модуля дисплея, небольшой вес и высокая надёжность: срок службы более 100 000 ч.

Применения:

- автомобильная промышленность;
- телекоммуникации;
- промышленные системы управления;
- бытовая техника;
- измерительное оборудование;
- медицинская аппаратура.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новые 4,3" TFT ЖК-дисплеи с яркостью 500 кд/м² от Raystar Optonics

Компания Raystar Optonics – известный производитель плоскочастотных дисплеев – начала поставки новых моделей 4,3" TFT ЖК-дисплеев серии RFE430C. Модели RFE430C выполнены на основе активной матрицы управляющих тонкопленочных транзисторов (TFT – Think Film Transistor), имеют размеры 105,5 × 67,2 × 6,85 мм. Встроенный контроллер RA8875 обеспечивает управление функционированием дисплея. Напряжение питания 3,3 В постоянного тока.



Разрешение экрана 480 × 3 (RGB) × 272 пикселей.

Яркость новой модели RFE43C 500 кд/м² обеспечивается светодиодной подсветкой. Диапазон рабочих температур от -20 до +70°C, диапазон температур хранения от -30 до +80°C.



Основные характеристики:

- тип дисплея: просветный, в качестве источника света применяются светодиоды белого свечения;
- шаг пиксела 0,066 (W) × 0,198 (H) мм;
- рабочая площадь экрана 95,04 × 53,85 мм;
- доступны две модели:
 - RFE430F-1IW-DBN – модуль TFT-дисплея,
 - RFE430F-1IW-DBC – модуль TFT-дисплея с ёмкостным сенсорным экраном.
- Важные функции контроллера RA8875:
 - поддержка смешанного режима текстовый/графический;
 - поддержка режима передачи блоков (BTE Block Transfer Engine) с функцией 2D, совместимость с функцией 2D BitBLT;
 - встроенный механизм геометрического ускорения;
 - два программируемых ШИМ для регулировки системой задней подсветки и других применений;
 - встроенный контроллер четырёхпроводного сенсорного экрана;
 - дежурный режим для понижения потребления электроэнергии.

www.prosoft.ru

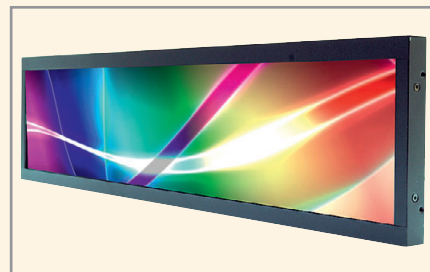
Тел.: (495) 234-0636

19" ЖК-дисплеи со светодиодной подсветкой и ультрашироким соотношением размеров 16 : 3

Компания Litemax расширила семейство дисплеев Spanixel, предназначенных для применений в системах Digital Signage – локальные цифровые видеосети, используемые для демонстрации мультимедийной рекламы и информационных сообщений – 19" моделями со светодиодной подсветкой, ультрашироким соотно-



шением размеров 16 : 3, разрешением 1680 × 342 точек. Новые модели SSD4913-ENB-H01 и SSD1915-ENB-A02 являются технически прогрессивными решениями, предназначенными для применений на предприятиях общественного транспорта, в выставочных залах, универсальных магазинах, торговых автоматах и промышленных приложениях. Встроенная плата управления и эффективная система задней подсветки обеспечивают высококачественное изображение с высокой эффективностью использования энергии. Дисплей SSD1915-ENB-A02 характеризуется высокой яркостью свечения экрана 1000 кд/м², что позволяет считывать изображение при прямом солнечном освещении. Предлагаются модификации дисплеев с различными платами управления (AD5621G, AD5621GA, AD2662GD, AD2662GDVAR), обеспечивающие работу от различных источников видеoinформации (VGA, DVI, AV/S-видео). По заказу дисплеи могут комплектоваться сенсорным экраном.



Поставляемый в комплекте источник питания обеспечивает работу от сети переменного тока (выходное напряжение 12 В).

Основные характеристики дисплеев SSD1915 и SSD1912:

- рабочая площадь экрана 473,76 × 96,44 мм;
- разрешение 1680 × 342 точек;
- соотношение размеров 16 : 3;
- контрастность 2000 : 1;
- яркость 1000 кд/м² (SSD1915), 300 кд/м² (SSD1912);
- шаг пиксела 0,282 × 0,282 мм;
- широкий угол обзора 176° в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- количество отображаемых цветов 16,7 млн;

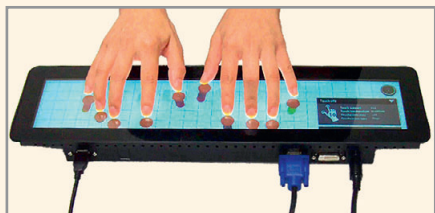
Новости российского рынка

- время оптического отклика 20 мс;
- широкий диапазон регулировки яркости;
- высокая равномерность свечения экрана;
- потребляемая мощность 17,5 Вт (SSD1912), 25 Вт (SSD1915);
- длительный срок службы 70 000 ч;
- габариты 496,6 × 126 × 57,3 мм;
- масса 2,3 кг.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

10-пальцевый кнопочный аппаратный блок – решение на основе 16,4-дюймового дисплея с ёмкостным сенсорным экраном

Компания Litemax представила оригинальное интегрированное в одном блоке решение для обеспечения человеко-машинного интерфейса на основе 16,4" дисплея SSD1622 с соотношением размеров 16 : 3, оснащённого ёмкостным экраном (Projective Capacitive Touch) с возможностью доступа посредством одновременного касания (Multi Touch) несколькими пальцами. Этот ЖК-дисплей предназначен для применения в игровых приставках, локальных цифровых видеосетях, используемых для демонстрации мультимедийной рекламы (digital signage), информационных киосках, точках розничной торговли, торговых автоматах.



Основные свойства:

- проективный ёмкостный сенсорный экран (Projective Capacitive Touch);
- кнопочная дека для одновременного касания 10 пальцами;
- поддержка ОС Windows XP/7/8/Linux;
- порт USB для подключения внешних устройств по принципу plug & play, не требуется загрузка драйверов;
- плоское гладкое стекло компании Corning с повышенной сопротивляемостью к царапинам и ударам (Gorilla Glass);
- заменяет все физические кнопки.



- Характеристики дисплея SSD1622:
- размер экрана 16,4";
 - обеспечение доступа несколькими касаниями одновременно;
 - яркость 400 кд/м²;
 - светодиодная подсветка;
 - разрешение 1366 × 254 точек, сверхширокий экран;
 - соотношение размеров экрана 16 : 3.
- Применения:
- бытовая автоматизация;
 - медицинские учреждения;
 - игровые автоматы;
 - управление лифтами;
 - интерфейс оператора.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Высоконадёжные радиационно-стойкие линейные стабилизаторы напряжения со сверхнизким падением напряжения от компании International Rectifier

Подразделение компании International Rectifier (США), специализирующееся в производстве компонентов для авиационно-космических и других ответственных применений, представила новую серию IRUH3301xxxK радиационно-стойких линейных стабилизаторов напряжения со сверхнизким падением напряжения (ULDO, Ultra-Low Dropout) и высоким значением тока, выполненных по гибридно-плёночной технологии. Стабилизаторы напряжения соответствуют утверждённым Standard Microcircuit Drawings (SMD, Технические условия для стандартных интегральных схем) и предназначены для применения в аппаратуре ракетно-космической техники, включая космические аппараты и транспортные космические корабли.

Недавно созданное Агентство материально-технического снабжения Министерства обороны США для сухопутной и морской техники (Defense Logistics Agency – DLA – Land and Maritime) сертифицировало стабилизаторы напряжения, которые также включены в программу обеспечения радиационной стойкости (Radiation Hardness Assurance, RHA) компании International Rectifier, которая гарантирует показатели радиационной стойкости устройств вплоть до компонентного уровня.

Устройства космической категории качества (Space) разработаны для установки вблизи нагрузки (point-of-load) и



дополнительного преобразования напряжения после DC/DC-преобразователей, характеризуются низким падением напряжения на регулирующем элементе 0,4 В при максимальном токе нагрузки 3 А. Они доступны в двух типах стандартных промышленных корпусов: 5-выводных MO-078A и 8-выводном плоском корпусе (Flat Pack), каждый из которых может иметь разнообразные варианты изгибов выводов. Новые стабилизаторы включают интегральную КМОП-микросхему стабилизатора, выполненную по технологии «кремний на изоляторе» (Silicon On Insulator, SOI), которая характеризуется стойкостью к защёлкиванию и гарантирует отсутствие одиночных эффектов (SEU, Single Event Upset) от воздействия ионов с линейными потерями энергии (ЛПЭ) в веществе до 84 МэВ см²/мг, а также отличается выдающимся значением суммарной накопленной дозы ионизации 300 крад (Si); при тестировании воздействием радиации с низкой мощностью дозы (ELDRS, Enhanced Low Dose Rate Sensitivity) до накопленной дозы более 100 крад (Si) точность стабилизации менялась незначительно. Кроме того, устройства обеспечивают быстрый отклик при воздействии импульсного напряжения, защиту от перегрузки по току с синхронизированным выключением и встроенную защиту от перегрева, дистанционное управление включением/выключением через специальный вывод.

Для стандартных моделей бесплатно доступны отчёты по анализу конструкции, которые включают сведения об анализе электрических и температурных воздействий, анализ изменения технических параметров при наихудшем сочетании внешних факторов (WCA, Worst Case Analysis), анализ стабильности при использовании на выходе дополнительных конденсаторов.

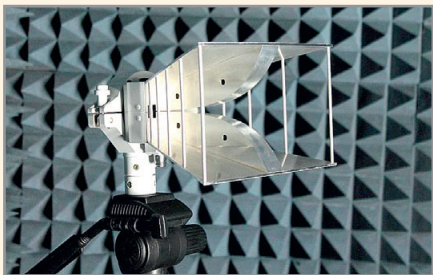
www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Новости российского рынка

Приборы и системы

Антенны измерительные

Компания ОАО «НПЦ СКАРД» выпускает измерительные антенны в диапазоне частот 1 кГц...60 ГГц. Представляем обзор трёх типов антенн из общего параметрического ряда, востребованных в настоящее время. Антенны отличаются хорошими электрическими характеристиками и высокой устойчивостью к воздействию климатических факторов в диапазоне температур -40...+65°C.



П6-122 представляет собой логопериодическую широкополосную антенну с диапазоном рабочих частот 300 МГц...3,0 ГГц.

Особенности П6-122:

- широкий диапазон рабочих частот;
- возможность использования в качестве передающей антенны;
- индивидуальное исполнение вариантов крепления антенны;
- применение различных типов выходных разъёмов;
- возможность установки на стандартный или диэлектрический штатив.

П6-123 представляет собой рупорную широкополосную антенну с диапазоном рабочих частот 900 МГц...12 ГГц.

Особенности П6-123:

- широкий диапазон рабочих частот;
- малые массо-габаритные размеры;

- возможность заказа персонального ударопрочного кейса для транспортировки и хранения;
- применение различных типов выходных разъёмов;
- универсальный узел крепления в комплекте поставки;
- возможность установки на стандартный или диэлектрический штатив.

П6-128 представляет собой рупорную широкополосную антенну с диапазоном рабочих частот 12 ГГц...40 ГГц.

Особенности П6-128:

- широкий диапазон рабочих частот;
- малые массо-габаритные размеры;
- возможность заказа персонального ударопрочного кейса для транспортировки и хранения;
- применение различных типов выходных разъёмов;
- универсальный узел крепления в комплекте поставки;
- возможность установки на стандартный или диэлектрический штатив.

Гарантийный срок составляет 12 месяцев.

www.skard.ru

Тел.: +7 (4712) 390-632, 390-786

Изменилась конфигурация ноутбуков Getac S400, V100, V200

Getac, ведущий производитель мобильных устройств для применения в жестких условиях эксплуатации, сообщает об обновлении конфигурации своих ноутбуков. Теперь ноутбук S400G2 будет поставляться с дверцей съёмного жёсткого диска, которая войдет в число стандартных функций. Обновление обеспечит быструю и простую замену HDD.

Защищённые ноутбуки Getac S400, V100, V200 (Calpella Platform) будут по умолчанию комплектоваться аккумуляторной батареей ёмкостью 8700 мА ч.

Ноутбук S400 предназначен для сложных условий эксплуатации, выполнен в корпусе повышенной прочности KryptoShell™ и сертифицирован в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD-810G и IP5X. Данная модель доступна в двух вариантах исполнения: на базе процессора Intel® Core 3-го поколения и с мощным процессором Intel Core i5-3320M VPRO™ с частотой 2,6 ГГц (макс. до 3,3 ГГц с использованием технологии Intel Turbo Boost). 14-дюймовый резистивный сенсорный экран позволяет работать в перчатках. Благодаря технологии Getac QuadraClear™ возможна эксплуатация устройства при ярком солнечном свете. Улучшенная тепловая конструкция обеспечивает надёжность и высокую вычислительную производительность в диапазоне температур от -20 до +60°C.

Полностью защищённые ноутбуки Getac серии V легко превращаются в планшетные ПК одним поворотом экрана. Они оснащаются процессором 3-го поколения Intel® Core™ с технологией Intel® vPro™. Двухрежимный сенсорный экран с передовой технологией Getac QuadraClear™ имеет эффективный коэффициент контрастности (ECR) в 6 раз лучше, чем у аналогичных моделей.

Защищённые ноутбуки V серии имеют степень защиты IP65, сертифицированы в соответствии со стандартом MIL-STD-810G. Опционально доступна версия, сертифицированная по стандарту взрывобезопасности аппаратуры ATEX.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

События

15-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение»

Приглашаем вас принять участие в работе 15-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» – DSPA'2013, которая состоится в Москве 27 – 29 марта 2013 г.

Семинар по теме «Процессоры компании Analog Devices Inc.» состоится 28 марта в 10:30.

Место проведения: Москва, Профсоюзная 65, ИПУ РАН.

Организаторы:

- РНТОРЭС им. А.С. Попова (www.rntores.ru);
- IEEE Signal Processing Society;
- Российская секция IEEE;

- Институт радиотехники и электроники РАН;
- Институт проблем управления РАН (www.ipu.ru);
- Институт проблем передачи информации РАН;
- Московский научно-исследовательский телевизионный институт (ЗАО МНИТИ);
- компания AUTEX Ltd. (АВТЭК) (www.autex.ru).

Заседания секций будут проходить в аудиториях, оборудованных мультимедийными проекторами.

Слушатели приглашаются на конференцию и семинар бесплатно.

AUTEX Ltd.

Тел.: (495) 334-9151, 334-7741,

(495) 334-8729, 234-9991

www.autex.ru

15-я Международная Конференция
Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение

DSPA-2013

27 - 29 марта 2013 г.

им. В. А. Трапезникова (ИПУ РАН)

Технология генерации сигналов Agilent Trueform

Алексей Бегишев (Москва)

Технология Trueform компании Agilent объединяет возможности прямого цифрового синтеза и поточечного формирования, обладая преимуществами обеих технологий при отсутствии их ограничений.

ВВЕДЕНИЕ

Технология генерации сигналов Trueform применяется в новых генераторах сигналов серии Agilent 33500B. Она даёт ощутимые преимущества по сравнению с прямым цифровым синтезом (DDS) – традиционной технологией, используемой в генераторах сигналов стандартной и произвольной формы, в том числе, обеспечивает значительно меньшую фазовую нестабильность сигнала (джиттер) и точное представление выбранного сигнала. В предлагаемой статье мы познакомим вас с технологией Trueform и сравним её с технологией DDS.

ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАЦИИ СИГНАЛА

Простейший способ генерации сигнала заключается в его сохранении в виде отдельных точек в памяти, а затем в поочерёдном считывании этих точек и передачи их по каждому тактовому импульсу в ЦАП. После считывания последней точки генератор возвращается к первой, и начинается следующий цикл. Иногда такой способ генерации называют «точкой на такт» (PPC).

Хотя такой метод создания сигналов кажется очевидным, он обладает двумя существенными недостатками. Во-первых, для изменения частоты сигнала (или частоты дискретизации) приходится изменять тактовую частоту, а хороший малошумящий источник перестраиваемой тактовой частоты усложняет конструкцию прибора и повышает его стоимость. Во-вторых, поскольку во многих приложениях ступенчатый сигнал на выходе ЦАП нежелателен, приходится использовать аналоговую фильтрацию для сглаживания этих ступенек. В связи со сложностью и высокой стоимостью эта технология используется в

основном в генераторах высшего класса.

Технология DDS использует фиксированную тактовую частоту и упрощённую схему фильтрации, поэтому обходится дешевле PPC. В системе DDS фазовый аккумулятор добавляет приращения на выход с каждым периодом тактовой частоты, при этом выход аккумулятора представляет фазу сигнала. Выходная частота пропорциональна приращению, что позволяет легко изменять частоту сигнала даже при фиксированной тактовой частоте. Выходные значения аккумулятора преобразуются из фазы в амплитуду, как правило, с помощью таблицы пересчёта.

Применение фазового аккумулятора позволяет применять в DDS фиксированную тактовую частоту, но при этом сигнал по-прежнему воспроизводится с эффективной частотой дискретизации, превышающей тактовую частоту. Поэтому в методе DDS не каждая точка отражается в результирующем выходном сигнале. Другими словами, DDS использует не каждую точку памяти сигнала, но выполняет достаточно хорошую аппроксимацию, поэтому сигнал до некоторой степени искажается. Кроме того, DDS может непредсказуемым образом пропускать и/или повторять некоторые фрагменты сигнала. В лучшем случае это приводит к увеличению джиттера, в худшем – к значительным искажениям. Тонкие особенности сигнала могут полностью или частично игнорироваться.

Новая технология Trueform, разработанная компанией Agilent, выбрала в себя лучшее из двух предшествующих технологий. Она позволяет создавать сигналы произвольной формы с низким уровнем шума без пропуска точек, подобно технологии PPC, но по цене DDS. Trueform использует патентованный генератор виртуально

регулируемой тактовой частоты с улучшенной фильтрацией, адаптирующейся к частоте дискретизации сигнала. Ниже мы рассмотрим некоторые преимущества, которыми обладает технология Trueform по сравнению с DDS.

УЛУЧШЕННАЯ ЦЕЛОСТНОСТЬ СИГНАЛА

Одним из ключевых преимуществ технологии Trueform по сравнению с DDS является лучшая целостность сигнала. В частотной области это преимущество можно увидеть, сравнив спектры, а во временной области – сравнив фазовую нестабильность. На рисунке 1 показано представление в частотной области синусоидального сигнала частотой 10 МГц, созданного с помощью технологии Trueform. На рисунке 2 показано представление в частотной области того же синусоидального сигнала 10 МГц, но созданного с помощью технологии DDS.

В идеальном случае синусоидальный сигнал должен содержать только основную частоту без гармоник. На рисунках 1 и 2 хорошо видно, что уровень второй гармоники по отношению к основной частоте сигнала, созданного с помощью Trueform, примерно на 5 дБ меньше уровня второй гармоники сигнала DDS. Кроме того, в спектре DDS явно просматриваются четвёртая и пятая гармоники (выделены красными кружками) и даже негармоническая составляющая между четвёртой и пятой гармониками.

Если сравнить эти два сигнала с точки зрения джиттера, то преимущество Trueform более очевидно. На следующих рисунках показано изменение джиттера, выполненное на импульсном сигнале частотой 10 МГц. Осциллограмма растянута так, чтобы был виден передний фронт импульса, при этом включен режим послесвечения. Для измерения периодического джиттера использовалась функция гистограммы. Результаты измерения стандартного отклонения на каждом рисунке обведены крас-

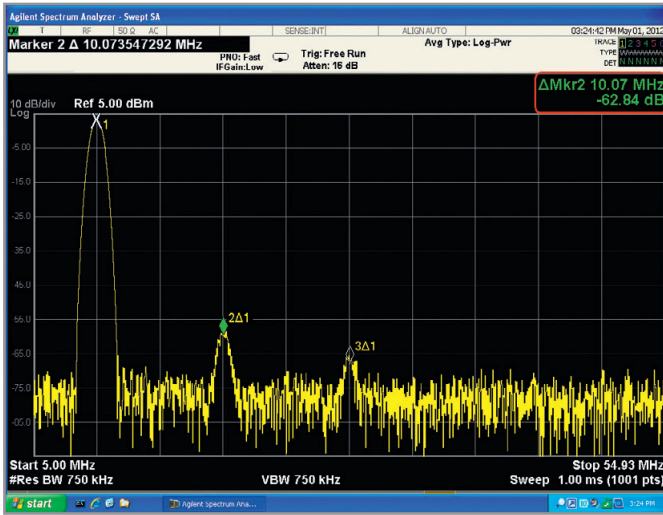


Рис. 1. Гармоники сигнала, созданного по технологии Trueform

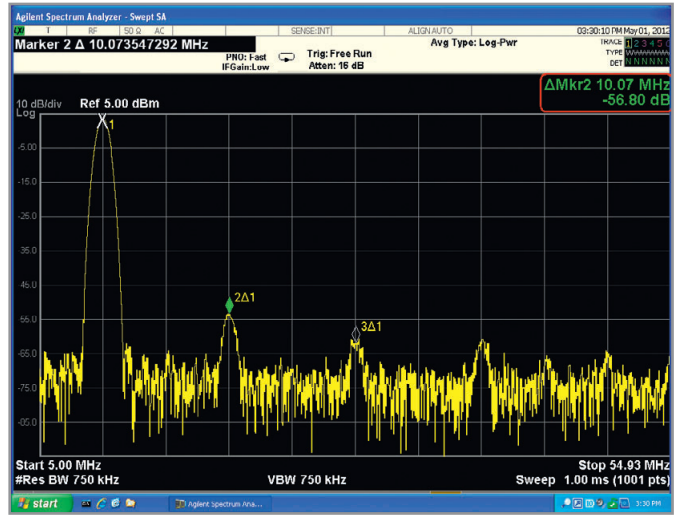


Рис. 2. Гармоники сигнала, созданного по технологии DDS



Рис. 3. Измерение джиттера сигнала, созданного по технологии Trueform



Рис. 4. Измерение джиттера сигнала, созданного по технологии DDS

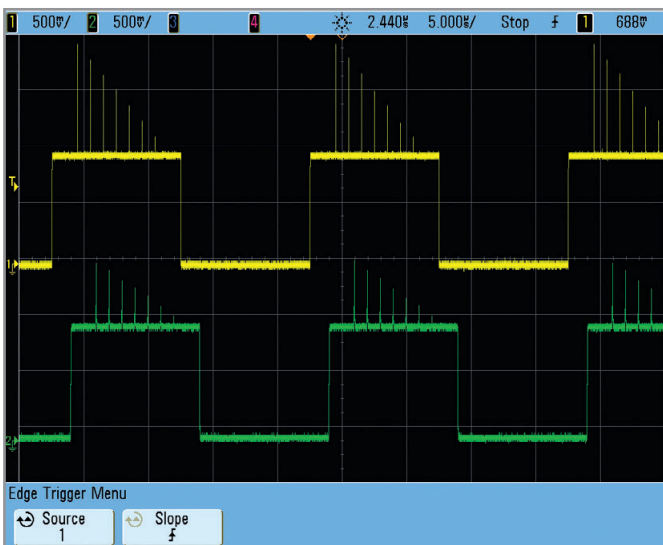


Рис. 5. Сравнение сигналов произвольной формы на частоте 50 кГц: Верхний график – технология Trueform, частота 50 кГц; нижний график – технология DDS, частота 50 кГц

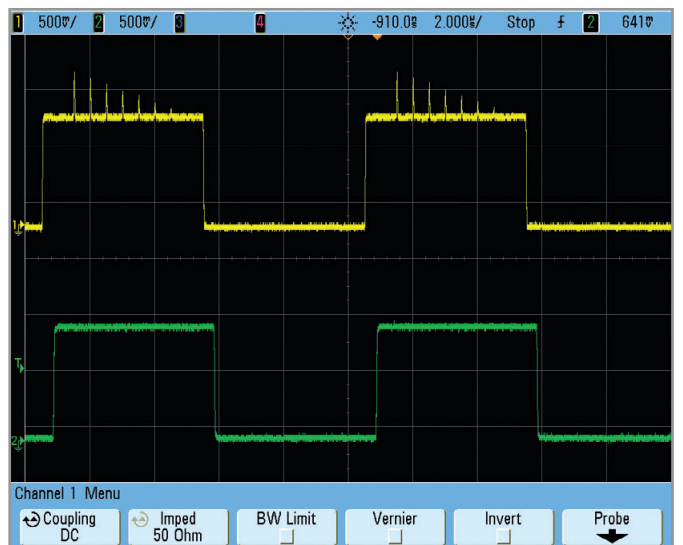


Рис. 6. Сравнение сигналов произвольной формы на частоте 100 кГц: Верхний график – технология Trueform, частота 100 кГц; нижний график – технология DDS, частота 100 кГц

ным цветом и представляют собой среднеквадратический джиттер сигнала. Измерение джиттера импульсного сигнала Trueform показано на рисунке 3, а импульсного сигнала

DDS – на рисунке 4. Чувствительность осциллографа и скорость развёртки на рисунках 3 и 4 одинаковы, поэтому джиттер импульсного сигнала Trueform оказался почти в 10 раз

меньше джиттера импульсного сигнала DDS.

Лучшая целостность сигнала Trueform по сравнению с DDS означает меньшую погрешность измерений.

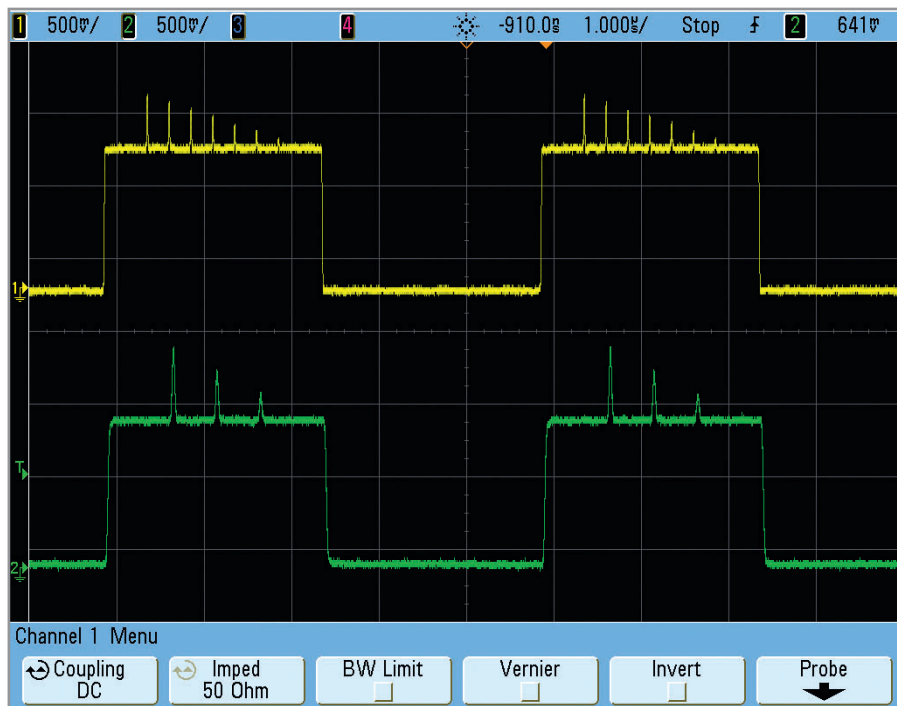


Рис. 7. Сравнение сигналов произвольной формы на частоте 200 кГц:
 Верхний график – технология Trueform, частота 200 кГц; нижний график – технология DDS, частота 200 кГц

Это особенно важно в задачах, использующих синхронизацию по фронтам. Прямым следствием меньшего джиттера является более высокая точность синхронизации ваших измерений.

КАКИЕ СИГНАЛЫ ВЫ СОЗДАЁТЕ, ТАКИЕ И ПОЛУЧАЕТЕ

Как мы уже говорили, технология DDS использует фиксированную тактовую частоту и фазовый аккумулятор и поэтому не может гарантировать воспроизведение каждой точки сигнала. Чем выше частота, тем больше неточностей появляется в выходном сигнале по сравнению с идеальной формой. Напротив, Trueform воспроизводит каждую точку сигнала, независимо от установленной частоты сигнала или частоты дис-

кретизации. Это становится актуальным, когда вы работаете с сигналами, содержащими тонкие детали, критичные для выполнения измерений.

В качестве примера мы создали сигнал, состоящий из импульса с семью уменьшающимися по амплитуде выбросами на его вершине. Этот сигнал был загружен в генератор с системой Trueform и в генератор сигналов произвольной формы с системой DDS. Сначала оба генератора воспроизводили этот сигнал с частотой 50 кГц. Результаты были измерены осциллографом, как показано на рисунке 5. Жёлтая осциллограмма соответствует сигналу Trueform, зелёная – сигналу DDS.

На частоте 50 кГц оба генератора смогли воспроизвести все семь вы-

бросов на вершине импульса. Но видно, что выбросы сигнала, созданного Trueform, имеют большую амплитуду. На рисунке 6 показано воспроизведение тех же сигналов, но уже с частотой 100 кГц. Здесь генератор с системой Trueform воспроизвел все семь выбросов, а генератор DDS – ни одного.

На рисунке 7 эти сигналы были воспроизведены ещё раз, но частота была повышена до 200 кГц. И снова генератор, использующий технологию Trueform, воспроизвёл все семь выбросов на вершине импульса. Генератор DDS перешёл от полного пропуска выбросов на частоте 100 кГц к воспроизведению трёх выбросов на частоте 200 кГц. Обратите внимание, что эти выбросы не совпадают по фазе ни с одним из семи выбросов на частоте 50 кГц. Эти примеры показывают, что, работая с сигналами, содержащими тонкие детали, методу DDS доверять нельзя.

Несколько десятилетий DDS был доминирующей технологией построения генераторов сигналов стандартной и произвольной формы, поскольку являлся недорогой альтернативой технологии PPC. Основным недостатком DDS является низкое качество сигнала, которое проявляется в виде джиттера и гармонического шума, а также в пропуске точек. Патентованная технология Trueform компании Agilent представляет собой следующий этап в развитии технологий генерации сигналов, предлагая возможности PPC по цене DDS. Это значит, что вы получаете меньший джиттер выходного сигнала и именно ту форму, которая вам требуется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология Trueform компании Agilent объединяет возможности DDS и PPC, обладая преимуществами обеих технологий при отсутствии их ограничений. Она использует новый метод дискретизации сигнала, который обеспечивает непревзойдённые характеристики при низкой стоимости, свойственной технологии DDS. Таблица демонстрирует возможности технологии Trueform.

Дополнительная информация о технологии Trueform компании Agilent приведена на интернет-странице www.agilent.com/find/trueform.

Сравнение технологий формирования сигналов DDS и Trueform

Характеристики	DDS: традиционный генератор сигналов, 25 МГц	Trueform: генератор сигналов Agilent 33511 В, 30 МГц	Преимущество
Джиттер	500 пс	40 пс	12 раз
Воспроизведение специальных сигналов	Пропуск точек сигнала	Воспроизведение всех точек без исключения	Точное воспроизведение сигнала
Нелинейные искажения	0,2%	0,04%	5 раз
Сглаживание	Необходимо использовать внешний фильтр	Выполняется всегда	Отсутствие ступенек
Возможность создания последовательности сигналов произвольной формы	Отсутствует	Стандартная функция	Новое качество

Новости мира News of the World Новости мира

Утверждена государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы»

25 октября 2012 года на заседании Правительства Российской Федерации был рассмотрен и одобрен Проект государственной программы Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы».

В программу интегрированы ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 гг., ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 гг.» и подпрограмма «Создание электронной компонентной базы для систем, комплексов и образцов вооружения, военной и специальной техники на 2011–2020 гг.».

Целью программы является повышение конкурентоспособности радиоэлектронной промышленности посредством создания инфраструктуры для развития приоритетных направлений, интеграции в международный рынок и реализации инновационного потенциала.

Достижение указанной цели обеспечивается решением следующих приоритетных задач:

- созданием научно-технического задела по перспективным радиоэлектронным технологиям;
- созданием современной научно-технической и производственно-технологической базы производства конкурентоспособных радиоэлектронных изделий;
- обеспечением в требуемых объемах производства радиоэлектронных изделий для приоритетных образцов вооружения, военной и специальной техники, определяющих перспективный облик Вооруженных сил Российской Федерации.

Реализация программы будет проходить в три этапа: 2013–2015, 2016–2020 и 2021–2025 годы.

В целях контроля и оценки эффективности реализации мероприятий в программе предусмотрены целевые индикаторы и показатели. В рамках её реализации к 2025 году планируется достичь относительно уровня 2011 года следующих основных показателей:

- увеличения в 2,7 раза доли отечественных радиоэлектронных изделий на мировом рынке;
- увеличения в 2,5 раза доли отечественных радиоэлектронных изделий на внутреннем рынке;

- роста в 6,5 раза производительности труда;
- увеличения в 3 раза количества создаваемых рабочих мест (нарастающим итогом);
- увеличения в 6,4 раза объёма выпуска отечественной радиоэлектронной продукции в денежном исчислении;
- увеличения в 2 раза доли обновленных и новых основных производственных фондов организаций отрасли;
- увеличения в 3,9 раза объёма экспорта продукции.

<http://rosrep.ru>

В составе концерна «Созвездие» теперь работают 20 предприятий

В конце 2012 года во исполнение Указа Президента РФ три предприятия – ОАО «Завод «Тамбоваппарат»», ОАО «НИИЭТ» (г. Воронеж) и ОАО «НИИССУ» (г. Москва) – передали ОАО «Концерн «Созвездие»» по 99,99% своих акций в уставном капитале. Таким образом, в составе интегрированной структуры теперь работают 20 предприятий радиоэлектроники, каждое из которых имеет свою специализацию.

В частности, московский Научно-исследовательский институт систем связи, предприятие с 35-летней историей, выполняет работы по созданию специализированных систем в интересах Правительства РФ и высшего руководства Минобороны России. В настоящее время институт имеет статус головного предприятия по созданию полевой системы связи Вооруженных Сил Российской Федерации, а также участвует в создании ряда других объектов и систем автоматизации управления в интересах Минобороны России и других ведомств.

История завода «Тамбоваппарат» насчитывает более полувека. Начиная с 2001 года предприятие выпускает коротковолновые передающие радиостанции киловаттной и 15-киловаттной мощности. Опытно-конструкторское бюро занимается разработками перспективных образцов цифровой техники. Завод имеет лицензии на право выпуска, ремонта и разработки специальной техники.

Воронежский научно-исследовательский институт электронной техники ведёт разработки и выпускает функционально сложные изделия микроэлектроники: БИС и СБИС микроконтроллеров (однокристалльных микроЭВМ), процессоры цифровой обработки сигналов (ПЦОС), СБИС типа «система на кристалле» под конкретные

задачи потребителей, цифро-аналоговые преобразователи и интерфейсные ИМС, мощные ВЧ и СВЧ кремниевые транзисторы (ведутся разработки перспективных изделий на SiC и GaN) и комплексированные изделия (модули) на их основе. Потребителями продукции ОАО «НИИЭТ» являются свыше 200 предприятий страны.

Пресс-служба ОАО «Концерн «Созвездие»»

www.sozvezdie.su

IBM передает «Ангстрему» технологию производства чипов 90 нм

Коммерческое соглашение о сотрудничестве с корпорацией IBM по развитию технологических инноваций подписали компании НПО «Ангстрем» и «Ангстрем-Т», в рамках прошедшего в Москве международного форума «Открытые инновации». IBM лицензирует «Ангстрему» технологию производства микросхем с топологическими нормами 90 нм, используя которую зеленоградское предприятие планирует запустить производство микроэлектронных устройств для индустриального и потребительского сегментов рынка. Помимо лицензии на использование технологии «Ангстрем» получит от IBM правила проектирования, необходимые для организации контрактного производства и сможет предложить услуги Smart Foundry российским и зарубежным заказчикам. Отдельный меморандум о взаимопонимании между сторонами определяет условия сотрудничества в сфере исследований и разработок с использованием инновационных технологий, говорится в пресс-релизе «Ангстрема».

Для производства по технологии 90 нм от IBM будет в основном использоваться оборудование из состава технологической линии AMD, приобретённой «Ангстремом» в 2008 году под реализацию другого проекта – создание фабрики чипов «Ангстрем-Т» с топологическим уровнем 130–110 нм.

По имеющимся данным, приступить к монтажу «чистых комнат» планируется весной 2013 года, а запуск производства 90 нм намечен на начало 2014 года.

Технология производства микросхем с топологическим размером 90 нм была актуальна в 2002–2003 гг., сейчас же наиболее передовой является технология 22–28 нм – она используется при производстве чипов динамической памяти. Процесс 90 нм отстаёт на три поколения, тем не менее, микросхемы, созданные по этой технологии, занимают 23% мирового рынка, а объём их продаж в 2011 г. составил \$75 млрд.

Zelenograd.ru

Компания HARTING: история успеха

Ольга Романовская (Москва)

В данной статье проведён экскурс в историю развития компании HARTING Technology Group, с момента зарождения и до настоящего времени. Описаны направления деятельности её подразделений. Представлен обзор новых продуктовых линеек промышленных соединителей серии Han-Yellock® и инновационной технологии присоединения проводников к печатной плате Han-Fast® Lock.

Сложно представить жизнь современного человека без электричества. Приборы, работающие от электроэнергии, окружают нас повсюду, и без них существовать сейчас почти невозможно. Но и работа электроприборов невозможна без качественных и надёжных электрических соединителей.



Рис. 1. Промышленные соединители серии Han®

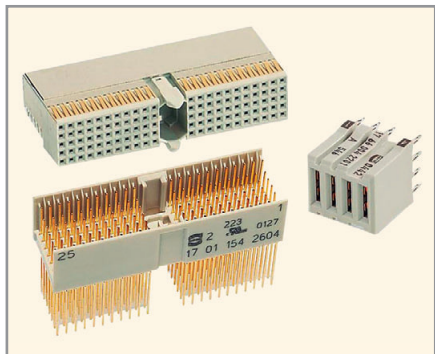


Рис. 2. Серия метрических соединителей HARTING с шагом контактов 2 мм



Рис. 3. Система идентификации RFID: считыватель, метка

Первую электрическую розетку и вилок запатентовал Харви Хаббелл (Harvey Hubbell) в 1904 г. Другие производители «приняли» разъём Хаббелла, и к 1915 г. он стал широко распространён. По сути этот разъём послужил прообразом современных европейских бытовых вилок и розеток для подключения к электросети.

К 30-50 годам 20 в. уже существовало несколько немецких и американских компаний – производителей разъёмов, в основном, для военных назначений, но активное развитие науки и техники в послевоенные годы требовало новых идей и разработок. Одной из компаний, которая сумела уловить тенденции того времени и предложить рынку качественно новый соединитель, стала компания HARTING.

В 1950 г. молодой инженер Вильгельм Хартинг и его жена переносят свой небольшой бизнес по производству бытовых электроприборов из города Минден в соседний городок Эспелькамп. Вильгельм собирает команду из инженеров в области машиностроения и ставит перед ними задачу: обобщив все имеющиеся знания об электромеханических соединителях, создать универсальный разъём, который можно было бы использовать в любой области. Разъём должен быть прочным и надёжным, но одновременно простым в эксплуатации.

На пути к поставленной цели Вильгельм совершенствует имеющиеся тогда модели разъёмов, увеличив количество контактов, применив метод закладных контактов и дополнив уже существующие в то время технологии крепления провода обжимным винтовым способом.

Так появилась первая серия силовых соединителей Han®, которые показали по тестам хорошие результаты и выве-

ли компанию в лидеры в данном сегменте рынка [1] (рис. 1).

В то время предприятие Вильгельма Хартинга занималось не только производством разъёмов, но и изготовлением рентгеновских установок, музыкальных автоматов, электромеханических и электромагнитных компонентов.

После смерти Вильгельма в 1962 г. руководство компанией возглавила его жена Мари. Через 5 лет к ней присоединились двое её сыновей. Стоит отметить, что до настоящего времени компания HARTING остаётся исключительно семейным бизнесом.

С 1970 г. основная политика компании направлена на производство и продажу разъёмов. В ассортименте компании появляются также и соединители для печатных плат.

В 1979 г. начинается активная экспансия по Европе и в другие страны. Появляются представительства во Франции, Австралии, Бельгии, Бразилии, Китае, Великобритании, Японии. В этом же году компания HARTING начинает заниматься разработкой и продажей компонентов для оптоволоконных систем передачи сигналов, а в 1990 годах – разработкой и производством новой метрической системы соединителей для печатных плат (рис. 2).

С переходом в новое тысячелетие компания HARTING продолжает расширять своё влияние. Продолжаются исследования и ведутся разработки продуктов, отвечающих требованиям современного и быстро меняющегося мира. Так, например, появилось направление, занимающееся разработкой и поставкой полного комплекта оборудования для радиочастотной идентификации RFID и компонентов для промышленных сетей Ethernet (рис. 3).

На сегодняшний день существует шесть структурных подразделений HARTING Technology Group [2]:

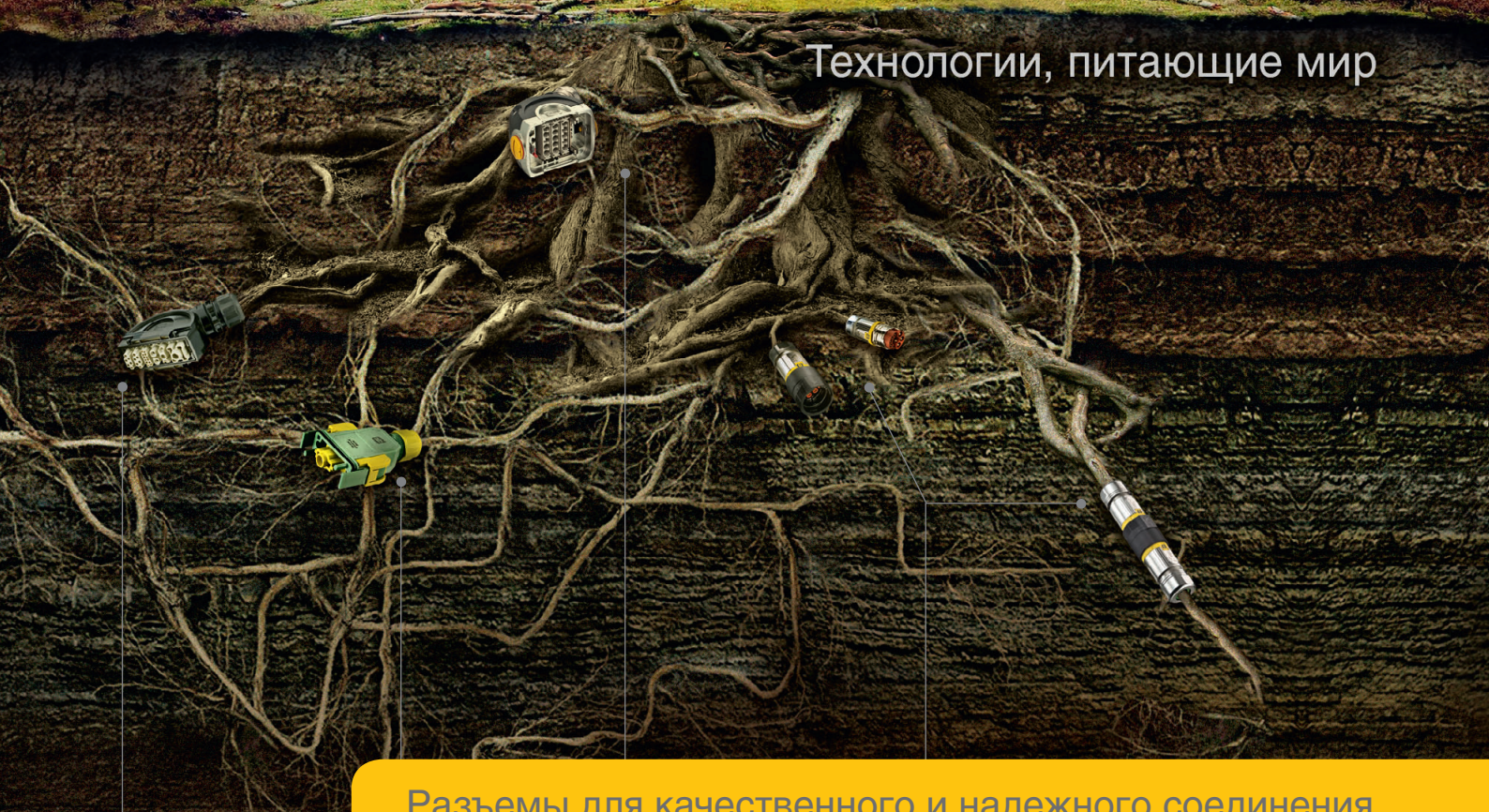
- HARTING Connectivity & Networks – разработка, производство и поставка сигнальных и силовых промышленных соединителей, компонентов коммутации, сетевого оборудования, а также широкого спектра кабельных сборок для подключения ма-



Pushing Performance



Технологии, питающие мир



Разъемы для качественного и надежного соединения

Han-Eco®
Легкий корпус и высокая стойкость к воздействиям окружающей среды

Han® GND
Специализированный соединитель для выравнивания электрических потенциалов

Han-Yellock®
Прочный металлический корпус с защитой от ЭМИ и простота в обслуживании

Han® X-TEC
Сочетание силовых и сигнальных контактов в одном корпусе

IP65/67
-20... +125°C
-40... +85°C

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING В РОССИИ

PROSOFT®
COMPONENTS

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Тел.: (495) 232-2522 • факс: (495) 234-0640 • info@prochip.ru • www.prochip.ru



Реклама

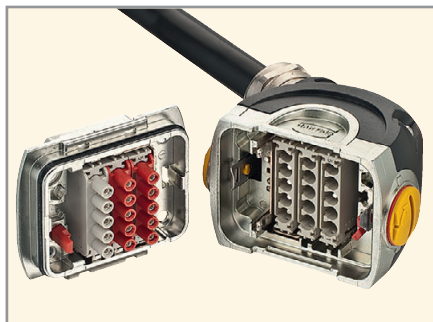


Рис. 4. Разъём Han-Yellock®

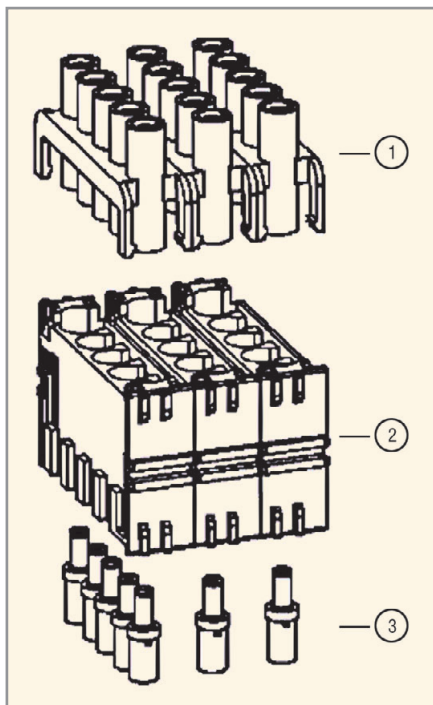


Рис. 5. Сборка контактной вставки Han-Yellock®

1. Перемычки (Multiplier)
2. Han-Yellock® модули
3. Han-Yellock® контакты под обжим

шинного оборудования, силовых и интерфейсных приложений. Основные области применения: машиностроение, транспорт, энергетика, телекоммуникации, автоматизация производства;

- HARTING Mitronics. С 2002 г. компания HARTING также специализируется на производстве и разработке устройств на базе 3D-MID технологий: датчиков, MEMS, RFID-транспондеров. Области применения: автоматизация производства, телекоммуникации, медицина, логистика;
- HARTING Integrated Solutions (HIS). Подразделение HARTING Connectivity & Networks занимается разработкой и производством интегральных схем и комплексных интегральных решений для различных технических задач заказчика. Спектр услуг включает в себя моде-

лирование дизайна печатных плат, компоновку и сборку конструкций, определение надёжности и полный выходной контроль конечного изделия;

- HARTING Systems – разработка, дизайн и производство корпусных технологий из алюминия и нержавеющей стали под ТЗ заказчика: распределительные шкафы, корпуса для мониторов, а также автоматы для торговых залов и прочие металлические конструктивы;
- HARTING Applied Technologies – разработка и изготовление технологической оснастки, пресс-форм, штампов и специализированного машинного оборудования для литья под давлением;
- HARTING Automotive – разработка и производство электромагнитных и механических компонентов. Области применения: автомобильная промышленность, энергетика, медицина.

Сегодня компания HARTING Technology Group известна как глобальный игрок на мировом рынке. Она занимает лидирующие позиции в производстве силовых электрических разъёмов для токов до 10...650 А и напряжений до 4 кВ, а также сигнальных разъёмов для соединения слаботочных сетей с защитой по IP65 – 68.

Её дочерние предприятия и офисы расположены в 36 странах по всему миру вблизи от заказчиков и рынков сбыта. Контроль производства и качества базируется на философии «нулевой ошибки», которая достигается благодаря полной автоматизации производственного оборудования.

Продукция отвечает требованиям международных стандартов (IEC 61 984, DIN EN 100 114, DIN EN 60 664, CSA 018753_0_000 и др.), а также сертифицирована в России по ГОСТ Р, имеет Сертификат IRIS для железнодорожного транспорта, Морской сертификат DNV на Ethernet-коммутаторы.

Стоит отметить, что компания является обладателем ряда наград, например, Приза Людвига Эрхарда за выдающийся сервис, конкурентоспособность и ориентир на интересы потребителей, а также победителем в номинации «Самый широкий ассортимент» в конкурсе «Фабрика года/GEO 2010» и многих других.

Компания HARTING не стоит на месте, расширяя с каждым годом производственную гамму, внедряя новые

продуктовые линейки и улучшая технологии производства. Так инновационный соединитель Han-Yellock® получил престижную международную награду iF Product Design 2011, а компания HARTING названа лучшим работодателем Германии [3].

HAN-YELLOCK®

Семейство изделий Han® сегодня во многих сферах признано мировым стандартом. Соединители Han® применяются в различных отраслях промышленности с тяжёлыми условиями эксплуатации, где повышены требования к надёжности передачи сигнала и подачи питания.

В новом представителе линейки Han-Yellock® усилены все ключевые особенности, присущие компонентам промышленной серии Han®: функциональность, прочность, универсальность и компактность. Han-Yellock® очень прост в обслуживании, благодаря чему процент ошибок при монтаже и эксплуатации сведён к минимуму (рис. 4).

Рабочий температурный диапазон соединителя Han-Yellock® составляет -40...+125°C. Степень защиты соответствует требованиям промышленной эксплуатации IP67 в сочленённом состоянии; соединитель устойчив к вибрациям.

Конструкция соединителя обеспечивает доступ к контактным вставкам с обеих сторон при монтаже – как со стороны оборудования, так и со стороны кабеля. Новые корпуса Han-Yellock® имеют разъёмную составную конструкцию, обеспечивая возможность доступа внутрь соединителя без расстыковки, а также предоставляя дополнительную гибкость решения при установке направления кабельного ввода. Внутри корпуса находится скрытый механизм фиксации кожухов, который обеспечивает дополнительную надёжность и компактность соединителя [4].

Если части корпуса неплотно прилегают друг к другу, красный ободок, расположенный по периметру нажимной кнопки, сигнализирует о некорректном подключении. Кроме того, нажимная кнопка имеет функцию блокировки (запираания), которая реализуется при помощи поворота контура нажимной кнопки на 90°. Разъединение частей корпуса происходит при нажатии на кнопку, когда она не заблокирована.

На правах рекламы

Han-Yellock® может использоваться с тремя различными типами контактных вставок: собственный модуль данной серии с возможностью межконтактного шунтирования, весь спектр модулей Han-Modular® при помощи рамки-адаптера, а также моноблоки с более плотным расположением контактов. При использовании собственных модулей требуются только штыревые контакты, сопряжение которых обеспечивается посредством специальных перемычек, располагаемых между модулями ответных частей (рис. 5 и 6).

В зависимости от толщины панели, можно использовать либо стандартную фиксацию кожухов посредством винтов М4, либо специальный конструктив дюбельной фиксации Jack-Nuts, позволяющий закрепить кожух прямо с лицевой стороны.

В обоих случаях используется профильный уплотнитель, расположенный по периметру, защищающий крепёжные отверстия и обеспечивающий соединителю Han-Yellock® необходимую защиту по IP 67.

Также необходимо отметить, что соединитель собирается без помощи дополнительных инструментов, а разнообразие контактных вставок и представленные варианты типоразмеров кожухов обеспечат любые потребности заказчиков.

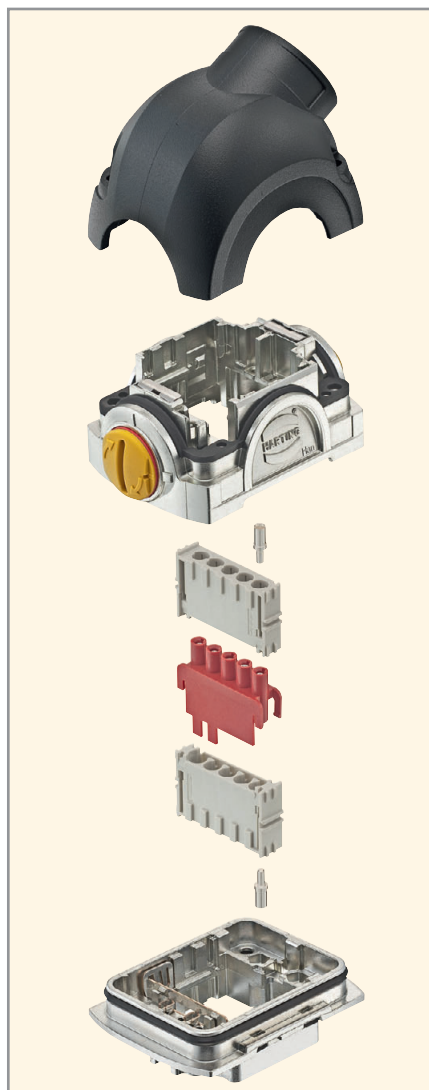


Рис. 6. Сборка соединителя Han-Yellock®

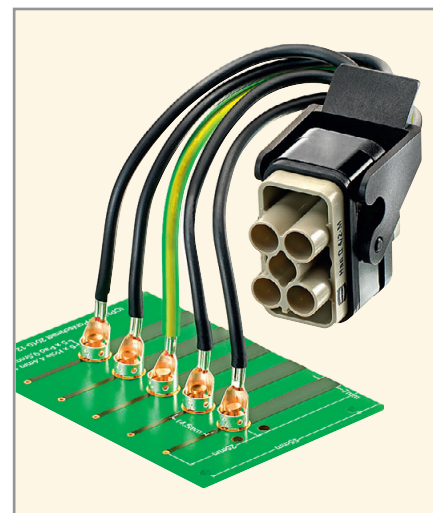


Рис. 7. Технология Han-Fast® Lock: крепление провода к печатной плате

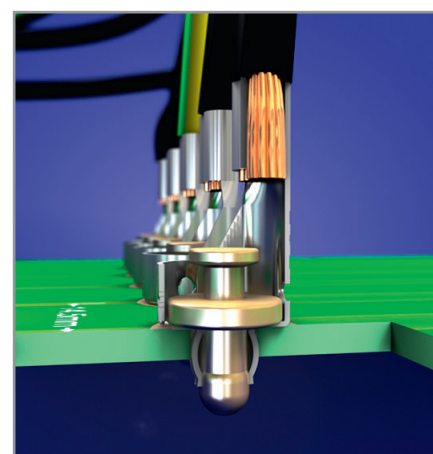


Рис. 8. Технология Han-Fast® Lock: монтаж на печатную плату

HAN-FAST® LOCK

Ещё одной инновационной разработкой HARTING является технология Han-Fast® Lock.

Это быстрая и удобная технология присоединения проводов к печатной плате, позволяющая подключать силовые разъёмы серии Han® к печатным платам простым и универсальным способом, без необходимости использования специальных инструментов. Соединитель для печатных плат Han-Fast® Lock может быть использован в цепях высоких токов, он прост в применении и обладает компактным конструктивом (рис. 7).

Технология Han-Fast® Lock имеет следующие отличительные особенности: гибкость в выборе места установки соединителя, отсутствие необходимости использовать переходник «разъём-плата», возможность применить любую вставку серии Han®, экономия времени при монтаже, отсутствие требований к квалификации персонала.

Основные преимущества технологии Han-Fast® Lock [5]:

- отсутствие специальных компонентов для печатной платы и дополнительных инструментов;
- лёгкое и быстрое подключение к печатной плате;
- отсутствие пайки;
- экономическая эффективность.

Способ монтажа невероятно прост: контактный элемент вставляется в обычное монтажное отверстие на плату и фиксируется при помощи нажатия на внутренний штыревой контакт до слышимого щелчка. Не требуется никакой технологии пайки или дополнительных инструментов. Демонтаж также просто осуществляется вручную (рис. 8). Контакт Han-Fast® Lock крепится на проводе методом обжима. В данный момент доступны два типоразмера контактов: для проводов с сечением жил 4,0...6,0 и 10,0 мм², позволяющих обеспечить передачу токов до 60 А.

Фиксатор Han-Fast® Lock применим во многих областях промышленности: от автоматизации и приборостроения до энергетических установок и транспорта. Среди крупнейших мировых партнеров HARTING, которые уже применили данную технологию в своём оборудовании, можно назвать такие компании, как Schaefer, Siemens, Schneider Electric, Kuka и многие другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.harting.com/en/harting-technology-group/about-us/history/>.
2. <http://www.harting.com/en/harting-technology-group/business-units/>.
3. <http://www.harting.com/en/harting-technology-group/about-us/history/the-years-2000-2011/>.
4. Quast F. На пороге новых открытий. News: Инновации. 2010. № 18.
5. <http://www.harting.ru/prensa-i-publikacii/novaja-produkcija/news/article/die-eleganteste-art-eine-leiterplatte-zu-001034/>.



Двойные тиристорные модули IXYS

Публикуется с разрешения CHIP NEWS Украина (<http://www.chipnews.com.ua>)

Игорь Васильев (Украина)

Наиболее высокие требования в силовой электронике предъявляются к надёжности оборудования и его энергетической эффективности, в связи с этим в последнее время всё более популярными становятся силовые модули. В данной статье рассмотрены основные типы двойных тиристорных модулей производства корпорации IXYS.

Тиристоры – это четырёхслойные (p–np–n) кремниевые полупроводниковые приборы с внутренней положительной обратной связью (эффект «защёлкивания», или триггерный эффект), имеющие два устойчивых состояния. В зависимости от характера вольт-амперной характеристики и способа управления, тиристоры разделяют на следующие типы:

- диодные (динисторы);
- триодные тиристоры (SCR – Silicon Control Rectifier);
- запираемые тиристоры (GTO – Gate Turn Off);
- оптронные тиристоры (оптотиристоры);
- симметричные тиристоры (симисторы или триаки);
- оптронные симисторы.

Триодные тиристоры (или просто тиристоры) в зависимости от расположения управляющего электрода (УЭ/Gate – G) делятся на тиристоры с катодным управлением и тиристоры с анодным управлением. В силовых тиристорах в основном используется

катодное управление, при котором управляющее напряжение приложено между УЭ и катодом.

Эти приборы имеют ряд существенных особенностей. Управление осуществляется только процессом включения приборов, т.е. после включения УЭ теряет свои свойства в части запираения (за исключением запираемых тиристоров). Для выключения тиристора необходимо, чтобы неосновные носители, накопленные в базовых областях анода (А) и катода (К), рекомбинировали. В противном случае эти носители могут привести к появлению базового тока и повторному включению тиристора. При выключении существует условие ограничения скорости нарастания приложенного обратного напряжения, поскольку быстрое увеличение запирающего напряжения достаточно большого для переключения тиристора тока смещения, пропорционального ёмкости его p–n-переходов. Практически выключить тиристор можно только понизив ток в силовой цепи (А–К) до значения, меньшего тока удержания (holding current), или сделав напряжение на аноде обратным. При этом скорости изменения напряжения $(dv/dt)_{cr}$ и тока $(di/dt)_{cr}$ в силовой цепи не должны превышать допустимых (критических) значений этих параметров с учётом максимальной рабочей температуры приборов.

К достоинствам тиристоров, кроме простоты включения, можно отнести низкие потери проводимости, высокую перегрузочную способность и надёжность. Они могут соединяться как параллельно, так и последовательно.

Основные электрические параметры тиристоров для силовой цепи:

- максимально допустимое обратное повторяющееся напряжение или

прямое напряжение в закрытом состоянии;

- максимально допустимый средний выпрямленный (среднеквадратичный) ток;
- максимально допустимый импульсный ток – для повторяющихся или единичных импульсов (за время, мс);
- максимальный ток удержания во включенном состоянии;
- прямое падение напряжения на включенном тиристоре;
- максимально допустимая (критическая) скорость нарастания тока во включенном состоянии;
- максимально допустимая (критическая) скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии.

Основные электрические параметры тиристоров для цепи управления:

- максимальное напряжение управления;
- максимальный ток управления;
- параметры быстродействия;
- время задержки сигнала по управляющему электроду;
- время выключения.

Тиристоры являются приборами, критичными к скоростям нарастания прямого тока (di/dt) и прямого напряжения (dv/dt) , поэтому для ограничения скорости нарастания тока и напряжения рекомендуется применение специальных защитных цепей. При этом индуктивный реактор (дроссель) для ограничения di/dt при включении тиристора должен устанавливаться последовательно с прибором (в большинстве случаев внутреннее индуктивное сопротивление источников напряжения, входящих в цепь включенного тиристора, оказывается достаточным, чтобы не вводить дополнительную индуктивность LS). Цепи типа RC – демпфер или чаще RCD – снаббер, используемые для ограничения dv/dt , подключаются параллельно защищаемому прибору (выводы А–К). Кроме того, параллельно этим выводам иногда включается быстродействующий блокирующий диод, а также может устанавливаться варистор для ограничения возможных импульсных высокочастотных перенапряжений. В настоящее время, вслед-

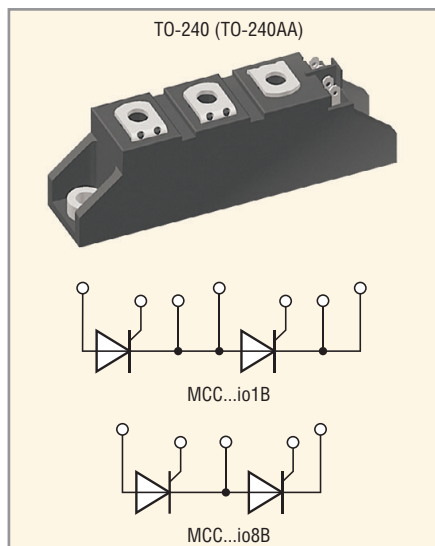


Рис. 1. Двойные тиристорные модули IXYS

$I_{TAV} = 18...116$ А

*В стремлении
к совершенству*



Комплексные поставки электронных компонентов специального, двойного и общего назначения

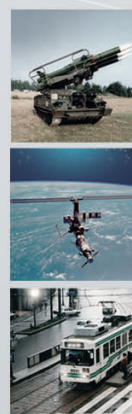
Второй поставщик в системе «ВОЕНЭЛЕКТРОНСЕРТ».

Поставка ЭК отечественного производства категорий качества ОТК, ВП, ОСМ, ОС.

Поставка ЭК иностранного производства с предоставлением гарантий качества, проведением сертификационных испытаний по оценке соответствия требованиям нормативных документов Минобороны РФ.



«Фаворит – Электронная Компания»
WWW.FAVORIT-EC.RU тел./факс: +7(495) 627-76-24



Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Республике Беларусь, г. Минск
Тел.: +375 (17) 207-01-85
info@favorit-ec.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Санкт-Петербурге
Тел.: +7 (812) 449-52-41
www.spbnek.ru • spb@favorit-ec.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Нижнем Новгороде
Тел.: +7 (910) 886-80-60
alexandra@favorit-ec.ru

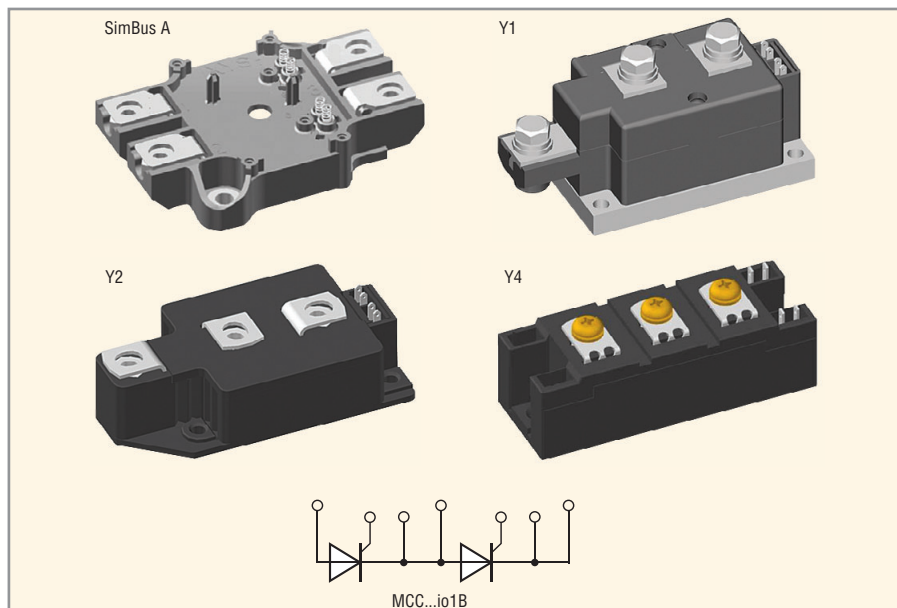


Рис. 2. Двойные тиристорные модули IXYS

$I_{TAV} = 130...320$ А

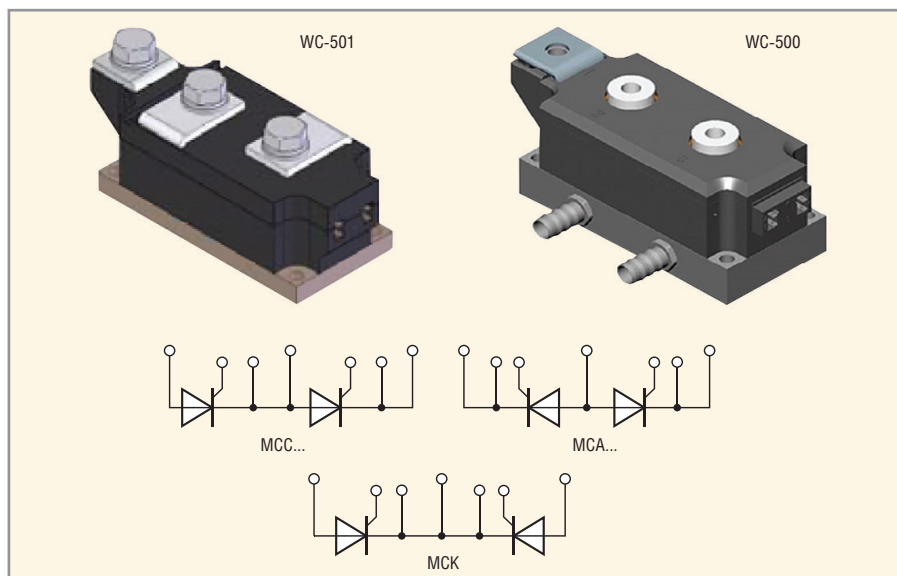


Рис. 3. Двойные тиристорные модули IXYS

$I_{TAV} = 327...700$ А

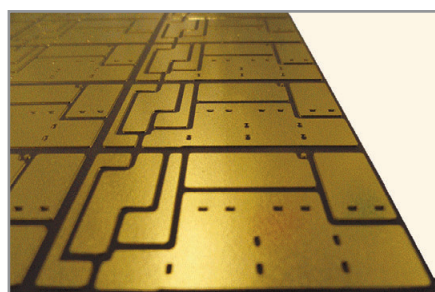


Рис. 4. Медно-керамические подложки DCB

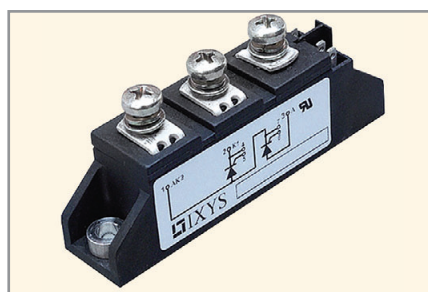


Рис. 5. MCC95-08io1

ствие конкуренции тиристорных модулей с силовыми MOSFET и IGBT, нижняя граница области промышленного применения тиристорных сместилась к диапазону мощностей в десятки киловатт. Прежде всего, это сверхмощные источники питания, регуляторы напряжения, электроприводы посто-

янного тока, сварочное оборудование, нагревательные установки и др. Вместе с тем в изделиях бытового назначения (регуляторы переменного напряжения и т.д.) тиристоры продолжают успешно применяться благодаря их невысокой стоимости и высокой надёжности. Тиристоры производства

IXYS доступны в различных исполнениях и корпусах. В этой статье мы рассмотрим двойные тиристорные модули.

Двойные тиристорные модули IXYS можно условно разделить на три группы по максимально допустимому среднему выпрямительному току:

- $I_{TAV} = 18...116$ А (а также новый модуль MCMA140P1600TA $I_{TAV} = 140$ А), представлены в корпусах TO-240 в двух вариантах распиновки (рис. 1);
- $I_{TAV} = 130...320$ А, доступны в четырёх вариантах исполнения корпусов (рис. 2);
- $I_{TAV} = 327...700$ А, доступны в двух вариантах корпусов и трёх вариантах распиновки (рис. 3).

Тиристорные модули изготавливаются по технологии DCB (direct copper bonding) – прямое соединение керамической подложки с медью при высоких температурах.

Для изготовления подложки DCB (рис. 4) на медную поверхность толщиной около 0,3 мм сверху и снизу эвтектически наплавляют оксид алюминия Al_2O_3 или нитрид алюминия AlN при температуре свыше 1000°C (толщиной 0,25...1,0 мм). После необходимой разводки схема модуля вытравливается на верхней части медной поверхности, кристаллы припаиваются и контакты кристалла подключаются перемычками. Нижняя часть DCB керамической подложки припаяется прямо к основной пластине модуля.

Преимущества DCB-технологии следующие: высокая проводимость тока благодаря слою меди, хорошие условия охлаждения благодаря керамическому материалу, высокая адгезионная сила меди к керамике и оптимальная теплопроводность керамического материала.

Рассмотрим более детально основные характеристики модуля, пользующегося наибольшей популярностью – MCC95-08io1 (рис. 5, таблица).

Особенности:

- международный стандарт корпуса, JEDEC TO-240 AA;
- подложка из DCB-керамики с Al_2O_3 -изоляцией, хорошей температурной проводимостью и высоким изоляционным напряжением;
- пассивированный кристалл, изготовленный по планарной технологии;
- напряжение изоляции ~3600 В;
- UL-регистрация, E 95873;

Основные параметры MCC95-08i01

Параметр	Описание	Условие	Значение
Фаза			1
Количество тиристоров			2
V_{RRM} , В	Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся импульсное обратное напряжение		800
I_{TAV} (макс.), А	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток	$T_C = 85^\circ\text{C}$	116
$I_{T(RSM)}$, А	Действующий ток в открытом состоянии и действующий прямой ток		180
I_{TSM} (макс.), А	Ударный ток в открытом состоянии и ударный прямой ток, не менее	45°C , 10 мс	2250
V_{TO} , В	Пороговое напряжение		0,8
r_T , МОм	Динамическое сопротивление в открытом состоянии		2,4
T_{VJM} , $^\circ\text{C}$	Максимально допустимая температура перехода		125
R_{thJC} , К/Вт	Тепловое сопротивление переход - корпус, не более		0,22
R_{thCH} , К/Вт	Тепловое сопротивление корпус - контактная поверхность охладителя		0,2
V_{ISO} , В	Электрическая прочность изоляции между беспотенциальным основанием модуля и его выводами (действующее значение)		3600
T_J , $^\circ\text{C}$	Допустимая температура перехода		От -40 до 125
$(di/dt)_{cr}$, А/мкс	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии, не менее (повторяющийся прямой ток 250 А)		150
$(dv/dt)_{cr}$, В/мкс	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, не менее		1000
I_H , мА	Ток удержания, не более		200
t_q , мкс	Время выключения, не более		185
t_{gd} , мкс	Время задержки сигнала по управляющему электроду		2
V_{GT} , В	Отпирающее постоянное напряжение управления, не более	$TVJ = 25^\circ\text{C}$ $TVJ = -40^\circ\text{C}$	2,5 2,6
I_{GT} , мА	Отпирающий постоянный ток управления, не более	$TVJ = 25^\circ\text{C}$ $TVJ = -40^\circ\text{C}$	150 200
Корпус			TO-240AA
Вес, кг		Включая винты	0,09

● катодное управление.

Применение:

- управление электродвигателем постоянного тока;
- плавный пуск электродвигателя переменного тока;
- контроль освещения, нагрева и температуры.

Преимущества:

- размеры и небольшой вес;
- простой монтаж с помощью двух винтов;
- расширенный температурный диапазон и маневренный режим мощности;
- уменьшение схем защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланцов В., Эраосян С. Электронная компонентная база силовых устройств. Часть 2. Силовая электроника. 2010. № 1.
2. www.ixys.com.
3. Emerald P. Greenland P. Power Multi-Chip Modules. PCIM Europe. Sep./Oct. 1995. P. 242–246.



Новости мира News of the World Новости мира

Процессоры для измерения энергопотребления обеспечивают точный мониторинг

Компания Maxim Integrated Products сообщает о начале поставок образцов процессоров 78M6610+PSU / 78M6610+LMU для однофазного измерения энергопотребления. Данные микросхемы представляют собой однокристалльную подсистему для измерения электроэнергии. Они предлагают простой способ учёта энергопотребления и диагностики существующих устройств с необходимой точностью (utility-grade), избавляя от традиционных затрат на приобретение полнофункциональной системы-на-кристалле. Оба прибора содержат уникальную микропрограмму, отвечающую требованиям конечного приложения. Процессор 78M6610+PSU специально предназначен для мониторинга в режиме реального времени центров обработки данных, серверов, коммуникационного оборудования и аппаратуры для передачи данных, тогда как процессор 78M6610+LMU

имеет более общее назначение и может использоваться, например, в устройствах бытовой техники, интеллектуальных розетках, зарядных устройствах для электромобилей и в преобразователях солнечной энергии.

Процессоры 78M6610 позволяют сократить стоимость и сроки вывода продукции на рынок. В решениях для измерения электроэнергии традиционно использовался дополнительный микроконтроллер, что значительно увеличивало стоимость и срок разработки. 78M6610 позволяет пользователям легко добавлять полнофункциональный счётчик электроэнергии в уже существующие устройства, не требуя больших средств или изменения конструкции. Кроме того, гибкие интерфейсы процессора – измерительный и основной – обеспечивают его простую интеграцию в любую систему.

Ключевые преимущества:

- высокая производительность: измерения с требуемой точностью во всём динамическом диапазоне тока нагрузки и наличие режимов пониженного энергопотребления;



- сокращение затрат на компоненты перечня элементов: внутренний RC-генератор и низкоскоростной последовательный интерфейс исключают необходимость использования дорогостоящих и хрупких кварцевых резонаторов;
- простота: микропрограмма оптимизирована для конечных приложений, что значительно упрощает процесс проектирования.

Процессор 78M6610+PSU выпускается в 24-выводном корпусе QFN и 16-выводном корпусе TSSOP. Прибор 78M6610+LMU запроектован в 24-выводном корпусе QFN.

www.maximintegrated.com

Модульные блоки питания

**Игорь Твердов, Илья Плоткин, Сергей Затулов,
Дмитрий Шашолка, Алексей Морозов (Москва)**

В статье рассмотрены основные технические и эксплуатационные характеристики ряда отечественных блоков питания.

Предприятия РФ и ближнего зарубежья всё шире применяют в своих разработках стандартные модули питания [1–6]. В последнее время заказчиком часто требуется не модуль, а законченный блок питания (БП). Для этих организаций разработан целый ряд БП класса AC/DC в диапазоне мощностей от 50 до 6000 Вт (см. рисунки 1, 2).

В предлагаемой статье рассмотрены основные технические и эксплуатационные характеристики блоков питания. Особое внимание при разработке БП было уделено вопросам электромагнитной совместимости [1, 2], коррекции коэффициента мощности [4] и эффективности отвода тепла [3].

В серийной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) в основном используются БП, которые созданы самими производителями. Такие БП обладают параметрами, оптимальными для электронного средства как системы. При комплексировании на основе стандартных модулей БП, как правило, получаются больше по массе, объёму и стоимости. До 1991 г. на крупных предприятиях – изготовителях РЭА в СССР имелись специальные подразделения, занятые разработкой БП для собственных нужд. Блоки питания

обычно разрабатывались под конкретную аппаратуру, проектировались на базовых конструкциях и обеспечивали оптимальные параметры для РЭА; затем они выпускались отраслевыми заводами.

В настоящее время можно ожидать более широкого применения модульных БП взамен специализированных. Это связано с тем, что на всех крупных предприятиях, выпускающих РЭА, после 1991 г. произошло резкое сокращение штатов подразделений, занятых разработкой БП. При этом наиболее квалифицированные специалисты покинули эти объединения. Из-за сокращения штата разработчиков НПО вынуждены использовать в новых разработках серийные модули питания отечественных и зарубежных предприятий.

В блоках питания применены серийные модули К-А и МАА [2] класса AC/DC. В модулях используется принцип высокочастотного преобразования электрической энергии с одновременной стабилизацией выходного напряжения на основе ШИМ. Подавление высокочастотных помех на входе и на выходе осуществляется встроенными фильтрами. Высокие надёжность и КПД, малые габариты и масса модулей

определяют эффективность БП на их основе.

Блоки питания представляют собой конструктивно законченные изделия со встроенной активной или конвекционной системой охлаждения. БП имеет металлический корпус и резьбовые опоры для крепления. Входное напряжение подаётся на защищённый входной разъём, выходные напряжения выведены на винтовую клеммную колодку, имеется защита от короткого замыкания (КЗ), перенапряжения и перегрева. Индикация обеспечивает удобство эксплуатации. Основные параметры выпускаемых БП представлены в таблице 1.

При мощности от 20 до 60 Вт модули базируются на одноканальном прямоходовом преобразователе, работающем на частоте 100 кГц (см. рис. 3), при мощности от 100 до 1200 Вт – на полумостовом преобразователе с частотой 50 кГц (см. рис. 4).

Мощностной ряд представлен БП от 50 до 6000 Вт; блоки мощностью от 50 до 400 Вт снабжены радиаторами для охлаждения. При мощности 400 Вт и более БП содержат как радиаторы, так и вентиляторы. Использование смешанного вида охлаждения позволяет уменьшить габариты БП более чем в три раза. Например, объём блока VB400 с радиатором превышает объём блока DN400 (со смешанным видом охлаждения) в 3,9 раза (см. рис. 5).



Рис. 1. Блок питания VN50A мощностью 50 Вт



Рис. 2. Блок питания DB1200A мощностью 1200 Вт

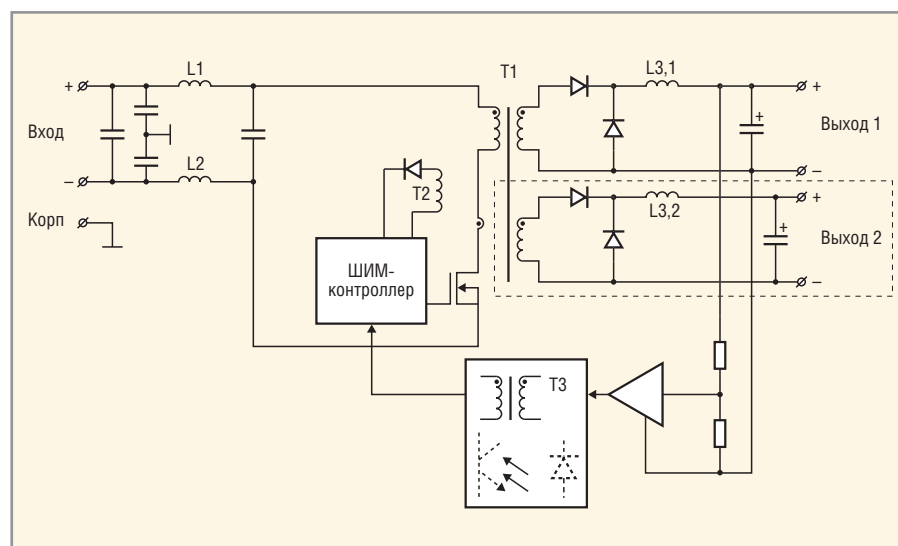


Рис. 3. Структурная схема модулей серии К-А, МАА мощностью от 20 до 60 Вт

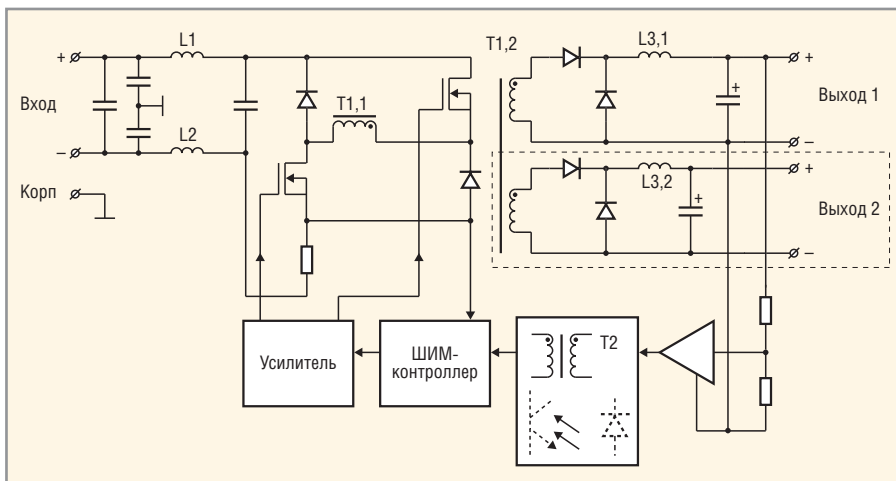


Рис. 4. Структурная схема модулей К-А мощностью 100...1200 Вт

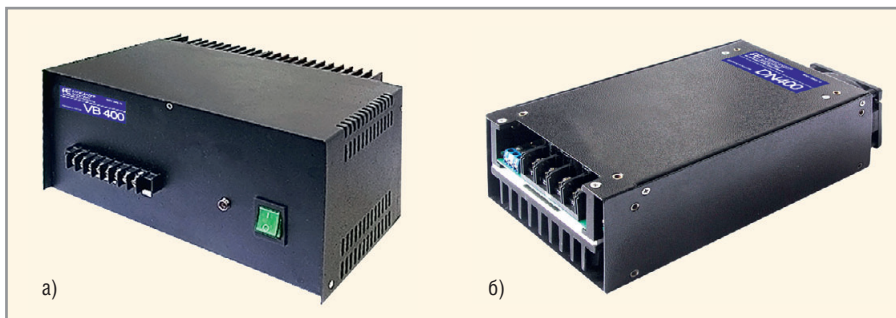


Рис. 5. Фото БП мощностью 400 Вт с конвекционным (а) и смешанным (б) охлаждением

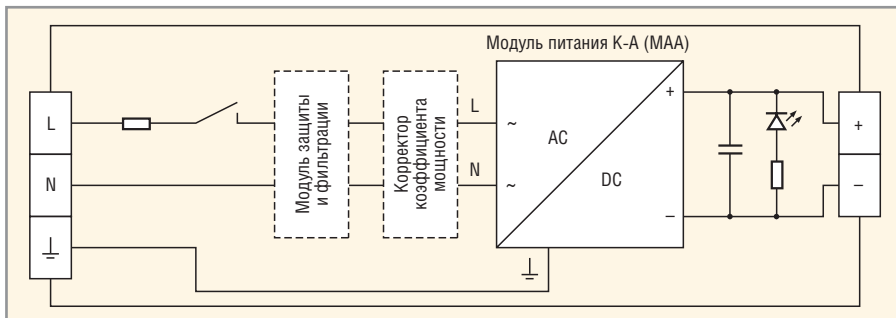


Рис. 6. Структурная схема блока питания

Все блоки снабжены функцией дистанционного включения/выключения, имеют гальваническую развязку 1500 В

между входом, выходом и между выходными каналами, оснащены защитой от перегрузки, КЗ, перегрева, пре-

Таблица 1. Основные параметры блоков питания

Наименование	Мощность, Вт	$U_{вх}$, В	$U_{вых}$, В*	$I_{вых.макс.}$, А	Количество выходных каналов	Габариты, мм	Масса, кг
VN50A	50	115, 220	5, 12, 24	8	1, 2	60 × 27 × 188	0,7
VR100A	100		20			95 × 43 × 193	1
VS300A*	300		25			240 × 106 × 190	3
VB400A*	400	115, 220, 380	12, 24, 48, 60	33		280 × 133 × 200	4
DN400A	400				1, 2, 3	116 × 74 × 245	2,5
DG800A	800		40		1, 2	152 × 80 × 305	3
VZ1200A*	1200	115, 220, 380	12, 24, 48			383 × 130 × 365	10
DB1200A	1200					342 × 153 × 90	5
BR2000A*	2000		80			382 × 230 × 210	12
БА2	1500	115, 220, 380	24, 48, 60	125	1	540 × 485 × 185	30
БА6	6000				250	1	715 × 489 × 235

* По заказу могут поставляться блоки с нестандартными выходными напряжениями от 5 до 60 В с выходным током не более $I_{вых.макс.}$



Зачем платить больше?

Коммерческие источники питания для военной техники

Низкая стоимость и короткие сроки поставки при соответствии военным стандартам

Основные характеристики DC/DC-преобразователей серии МТС

- Диапазон входных напряжений 15,5...40 В
- Выходные напряжения от 3,3 до 28 В
- Выходные мощности от 5 до 150 Вт
- Диапазон рабочих температур -55...+100°C (основание корпуса)
- Электромагнитные помехи соответствуют требованиям MIL-STD-461E
- Импульсное перенапряжение и помехоустойчивость в соответствии с MIL-STD-1275A/B/C, 704A-F
- Стойкость к внешним воздействующим факторам в соответствии с требованиями MIL-STD-810F
- Сервисные функции: синхронизация частоты преобразования, дистанционное включение/выключение, регулировка выходного напряжения, внешняя обратная связь



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

вышения выходного напряжения (всех защит – самовосстанавливающиеся).

Такие дополнительные функции, как выносная обратная связь, регулировка выходного напряжения и парал-

лельная работа, используются в блоках питания мощностью 800 Вт и более. В блоки VB400, DG800, VZ1200, BR2000 по требованию заказчика могут быть встроены модули защиты от

перенапряжения и фильтрации радиопомех и корректор коэффициента мощности (на рисунке 6 показаны пунктиром).

Как видно из структурной схемы БП, к основному элементу (модулю питания) добавлены необходимые принадлежности: разъёмы, предохранитель, выключатель, индикаторы. В комплект входит сетевой шнур. Технические характеристики БП мощностью от 50 до 2000 Вт приведены в таблице 2.

Для производства БП специального назначения с приёмкой «5» открыта ОКР «Разработка ряда блоков электропитания мощностью до 20 кВт с шифром «Прорыв».

Блоки питания БА2 состоят из трёх модулей МАА900, БА6 – из восьми. Модули МАА выпускаются для использования в жёстких условиях эксплуатации, защищены полимерным компаундом, элементная база аттестована для работы в расширенном диапазоне температур.

Кроме модулей МАА в состав БП входят устройства защиты и коммутации, автоматика управления. Индикаторы на передней панели обеспечивают возможность контроля и определения неисправности. БП питаются от трёхфазного генератора с напряжением 380 В с нейтралью и включены в состав автономных электростанций, монтируемых на колёсных и гусеничных шасси. Технические характеристики БА2 и БА6 приведены в таблице 3.

До 2010 г. выпускались только однофазные модули питания (МП), и для подключения к трёхфазной сети приходилось использовать нейтральный провод (см. рис. 7а). При нагрузках с низким коэффициентом мощности высшие гармоники тока складываются, и нейтральный провод перегружается. Также приходилось решать задачи симметрирования однофазных нагрузок, искажения формы кривой напряжения питающей сети и другие [2]. Все эти проблемы решаются, если модуль имеет трёхфазный вход (рисунок 7б) и входной трёхфазный мост напрямую подключается к линейным проводам сети.

Предприятием разработаны две серии трёхфазных модулей мощностью 900 и 1500 Вт, серии МАА для специальных применений и серии К-А для промышленных (см. рисунки 8, 9). Модули рассчитаны на трёхфазные сети 380 В, 50 Гц и 220 В, 400 Гц с качеством электроэнергии в соответствии с груп-

Таблица 2. Технические характеристики блоков питания

Входные характеристики		
Диапазон входного напряжения	~ 115 В, 400 Гц	~ 220 В, 50 и 400 Гц
Установившееся отклонение	~ 80 ÷ 138 В	~ 187 ÷ 264 В
Переходное отклонение	~ 80 ÷ 150 В	~ 176 ÷ 280 В
Длительность переходного отклонения	1 с	1 с
Выходные характеристики		
Регулировка выходного напряжения	±10%	
Подстройка выходного напряжения	±5%	
Суммарная нестабильность выходного напряжения:		
• для одноканального исполнения ($I_{ном}$ 10...100%)	±4%	
• для многоканального исполнения ($I_{ном}$ 30...100%)	±4% для выхода 1, ±13% для выхода 2	
Размах пульсаций (пик-пик)	<2% $U_{вых.ном}$	
Уровень срабатывания защиты от перегрузки	>110% $U_{вых.ном}$	
Защита от короткого замыкания	>150% $U_{вых.ном}$, автоматическое восстановление	
Уровень срабатывания защиты от перенапряжения	>115% $U_{вых.ном}$	
Уровень срабатывания тепловой защиты	>60...70°C	
Общие характеристики		
Температура		
• окружающей среды	-10...+50°C	
• хранения	-60...+85°C	
КПД	80% тип.	
Частота преобразования	50 кГц тип.	
Прочность изоляции		
• напряжение		
– вх\вых	~1500 В	
– вх\корпус	~1500 В	
– вых\корпус:	~500 В	
• сопротивление @500 В постоянного тока	20 МОм	
Стойкость к внешним воздействующим факторам:		
• повышенная влажность	95% @ 25°C	
• повышенная влажность	20...25 Гц/2 г	
Наработка на отказ	>1 200 000 ч @25°C	

Примечание: Все характеристики приведены для НКУ, $U_{вх.ном}$, $I_{вх.ном}$, если не указано другое

Таблица 3. Технические характеристики БА2 и БА6

Входные характеристики	
Входная сеть	
Трёхфазная сеть	~380 В, 50 Гц
Однофазная сеть	~220 В, 50 Гц
Выходные характеристики	
Суммарная нестабильность выходного напряжения	($I_{ном}$ 10...100%) ± 4%
Размах пульсаций (пик-пик)	<8% $U_{вых.ном}$
Уровень срабатывания защиты от перегрузки	>1,2% $I_{вых.ном}$
Защита от короткого замыкания	>1,3...1,8 $I_{вых.ном}$, автоматическое восстановление
Уровень срабатывания защиты от перенапряжения	>1,2 $U_{вых.ном}$
Уровень срабатывания тепловой защиты	>70°C
Общие характеристики	
Температур:	
• окружающей среды	-50...+60°C
• хранения	-60...+70°C
КПД	90% тип.
Частота преобразования	50 кГц тип.
Прочность изоляции	
• Напряжение:	
– вх\вых	~1500 В
– вх\корпус	~1500 В
– вых\корпус	~500 В
• Сопротивление @500 В пост. тока	20 МОм
Стойкость к внешним воздействующим факторам:	
• повышенная влажность	98% @ 35°C
• многократные механические удары	15г/2...15 мс
• синусоидальная вибрация	1...150 Гц/5г
Наработка на отказ	>100 000 ч @35°C
Материал корпуса	Металл

Примечание: Все характеристики приведены для НКУ, $U_{вх.ном}$, $I_{вх.ном}$, если не указано другое

пой Г по ГОСТ В 24425; выходное напряжение – от 24 до 70 В, суммарная нестабильность $\pm 3\%$, амплитуда пульсаций 1%; КПД модуля составляет 92%. Остальные характеристики такие же, как и у БП на основе однофазных модулей (см. таблицу 2).

Трёхфазные модули базируются на полумостовом преобразователе, работающем на частоте 50 кГц с ШИМ-стабилизацией выходного напряжения (см. рис. 10). Модули имеют полный комплекс защит – от перегрузки, КЗ, перегрева, превышения выходного напряжения (все виды защит – самовосстанавливающиеся). Модули снабжены функцией дистанционного включения-выключения, имеют возможность параллельного соединения, компенсацию выходного напряжения в зависимости от нагрузки (выносную ОС), регулировку выходного напряжения, дополнительный выход питания вентилятора охлаждения.

Во входной части модуля для защиты от высоковольтных импульсов с амплитудой 1000 В между линейными проводами установлены варисторы R1 – R3 (см. рис. 10), ограничивающие напряжение на уровне 800 В, чем обеспечивается безопасная работа транзисторов преобразователя.

Важность обеспечения оптимального теплового режима видна из графика зависимости минимальной наработки основного элемента БП – модуля – от температуры корпуса (см. рис. 11). Минимальная наработка на отказ модулей К-А и МАА при температуре корпуса 70°C составляет соответственно 50 и 100 тыс. ч. Оценить надёжность модуля питания для других температур можно по следующему критерию: интенсивность отказов снижается примерно в два раза при понижении температуры на 15°C.

В блоках питания используются радиаторы собственного изготовления, для которых экспериментальным путём определены полные коэффициенты теплоотдачи α_0 и рассчитаны значения теплового сопротивления $\theta = 1/\alpha_0 S$ [5]. На основании известных значений θ , η , где η – КПД, определяется перегрев Δt модуля при номинальной мощности $P_{ном}$ [3]: $\Delta t = \theta P_{ном} (1/\eta - 1)$.

Как уже отмечалось, для БП мощностью 400 Вт и более применено вентиляционное охлаждение, что позволило примерно в три раза снизить значение θ и использовать радиаторы меньшей площади. В качестве примера

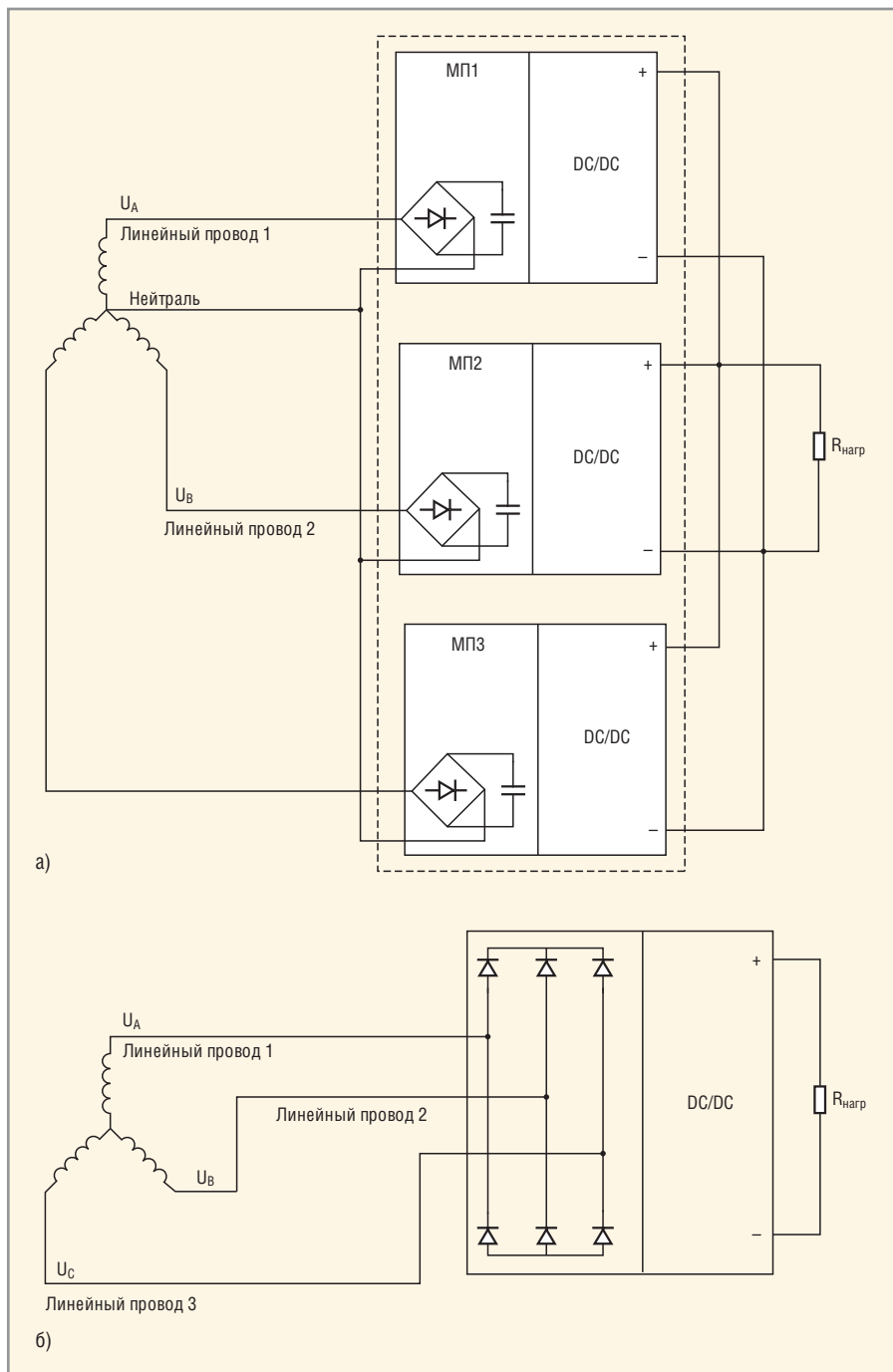


Рис. 7. Подключение модулей к трёхфазной сети переменного тока



Рис. 8. Модуль МАА1500



Рис. 9. Модуль К-А1500

на рисунке 12 показано, как снижается тепловое сопротивление модуля KL400 со стандартным радиатором в зависимости от скорости охлаждающего воздуха [3].

В блоках питания применены серийные модули, ЭМС которых с питающей сетью и РЭА обеспечивается экранированием и фильтрацией радиопомех [1]. Для компаний, выпуска-

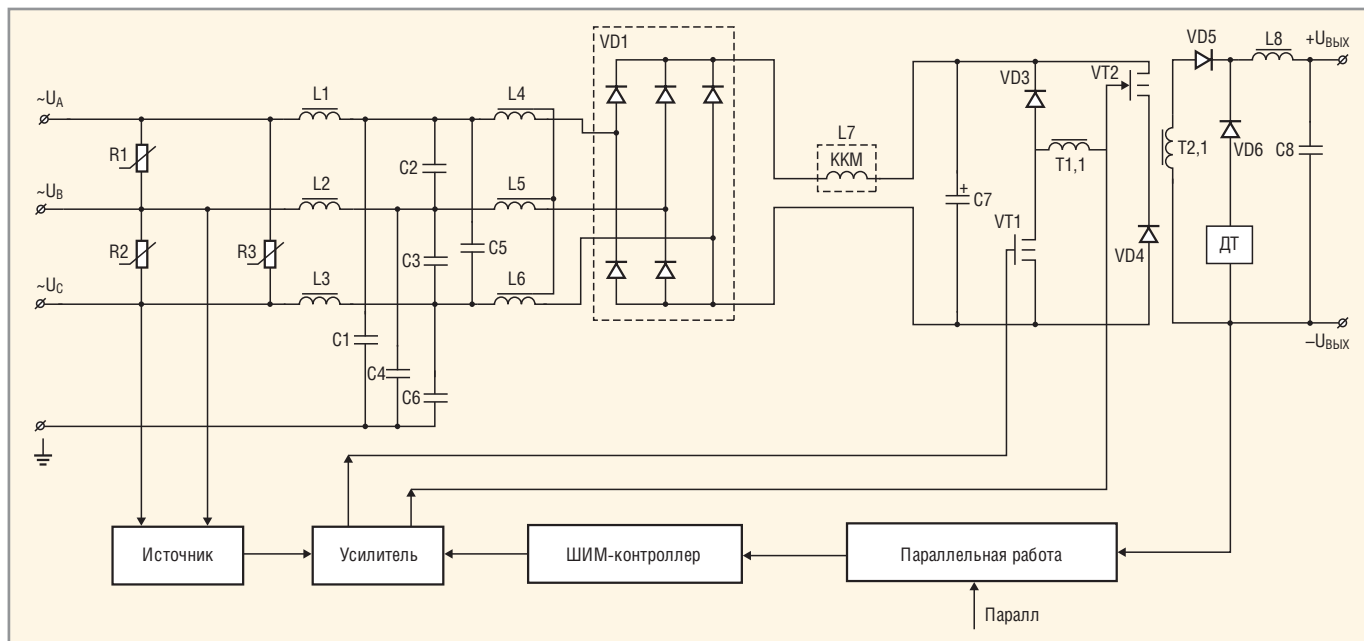


Рис. 10. Структурная схема модуля

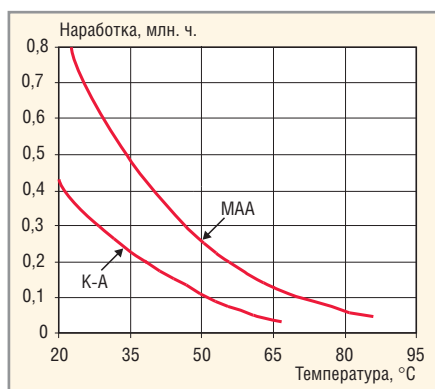


Рис. 11. График зависимости времени наработки на отказ от окружающей температуры

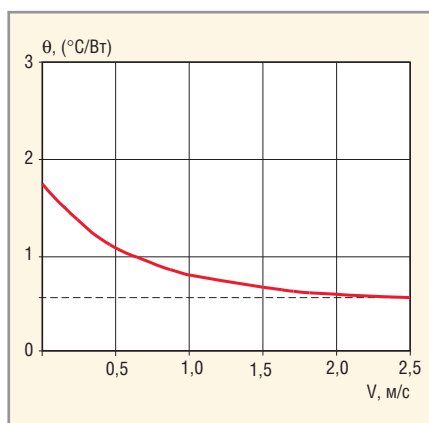


Рис. 12. Тепловые импедансы модуля



Рис. 13. Зависимости уровня радиопомех от частоты:

1 – кривая 1 Норм; 2 – кривая 2 Норм; 3 – кривая 3 Норм; 4 – AC/DC-модуль питания KN50A мощностью 50 Вт; 5 – AC/DC-модуль питания KV100A мощностью 100 Вт; 6 – AC/DC-модуль питания KV100A с фильтром MPP2

ющих универсальные модули питания, экономически невыгодно встраивать фильтр радиопомех (ФРП) с большим коэффициентом ослабления, так как требования потребителей к уровню помех различны. В качестве примера на рисунке 13 приведены графики напряжения радиопомех на входе модулей питания класса AC/DC серии KN50A (кривая 4) и серии KV100A (кривая 5). Там же показаны нормированные значения напряжений радиопомех по ГОСТ В 25803-91 в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц (кривые 1, 2, 3).

Анализ графических зависимостей (см. рис. 13) показывает, что уровни радиопомех на некоторых частотах превышают нормы, хотя модули имеют на входе и выходе встроенные фильтры [1]. В случае, когда для нормальной работы РЭА подавления радиопомех за счёт встроенных фильтров недостаточно, в БП используются внешние ФРП.

В конце 1990-х годов разработаны фильтры для подавления радиопомех в модульном исполнении для питающих цепей переменного и постоянного тока. В настоящее время проведена модернизация фильтров, в которых использованы новые технические решения, материалы и элементная база, что позволило повысить коэффициент подавления помех и уменьшить габариты.

Унифицированный ряд фильтров представлен модулями на токи от 1 до 20 А. В модулях одновременно с фильтрами размещены варисторы для защиты РЭА от выбросов напряжения в сетевых проводах. Совместные испытания системы «модуль фильтрации/модуль питания» показали, что помехи на входе не превышают значений, определяемых графиком 2 Норм (см. рис. 13).

Выполненная модернизация позволила использовать в БП модуль KD1200A мощностью 1200 Вт без до-

полнительного фильтра. В KD1200A встроен высокоэффективный ФРП, разработанный для модуля защиты и фильтрации MPP3-C7,5AMU. Фильтр состоит из двух Г-образных LC-звеньев, в которых одно звено подавляет помехи по симметричному пути, другое – по несимметричному. Подобные фильтры более 20 лет используются в технике специальной связи для подавления помех в сетях переменного тока и при заданном коэффициенте подавления радиопомех обеспечивают минимальные токи утечки на корпус. Изменённый уровень подавления помех на входе модуля питания с ФРП показан на рисунке 14, кривая 2. Помехи на входе модуля питания не превышают значений, определяемых графиком 2 Норм (рисунок 14, кривая 1).



Рис. 14. График напряжения радиопомех

Модули МАА1500 и К-А1500 используются в БП, работающих от трёхфазной сети 380 В, 50 Гц и 220 В, 400 Гц. Модуль КД1200А является основообразующим в БП типа VZ1200А, DB1200А и BR2000А.

В большинстве случаев модули питания выпускаются без корректоров коэффициента мощности и потребляют от сети импульсный ток. При таком токе резко возрастает мощность искажений. Коэффициент мощности импульсных модулей не превышает значений от 0,5 до 0,7. При этом от сети потребляется и дополнительная мощность, которая соизмерима с активной.

Это вызывает искажение формы питающего напряжения, нагрев и дополнительные потери в трансформаторах и электрических машинах и приводит к необходимости увеличивать мощность силового ввода или генераторов. По этим причинам стандарт Р 51317-99 требует обязательной коррекции коэффициента мощности для потребителей мощностью более 600 Вт. Чтобы обеспечить синусоидальную форму потребляемого тока, на входе модуля устанавливают активные и пассивные корректоры коэффициента мощности.

В блоках питания, которые построены на серийных модулях, активная коррекция невозможна, так как активный корректор закладывается в модуль питания при проектировании.

Полученные результаты исследований, разработки и внедрения модульных БП могут быть использованы в аппаратуре подвижных и стационарных объектов. Такие БП наиболее перспективны для систем, требующих быстрого создания или модернизации. Например, система электропитания многоканальной радиорелейной станции на основе мо-

дульных БП была разработана и установлена всего за три месяца. Наибольшее количество оперативных задач приходится решать при создании военной техники и вооружения, поэтому начиная с 2011 г. поставка модульных БП ведётся с приёмкой «5».

ЛИТЕРАТУРА

1. Твердов И., Мартиросов А., Затулов С. Модернизация сетевых фильтров на предприятии АЭИЭП. Электронные компоненты. 2005. № 8.
2. Производство источников электропитания промышленного и специального назначения. АЭИЭП, 2006.
3. Твердов И. Охлаждение универсальных модулей питания. Электронные компоненты. 2008. № 8.
4. Твердов И. Пассивные корректоры коэффициента мощности для однофазных и трёхфазных модулей питания. Компоненты и технологии. 2009. № 4.
5. Карих А. Построение ячеек питания в формате 6U. Современная электроника. 2010. № 2.
6. Твердов И. Модули электропитания в бортовых системах электропитания. Сб. «Электропитание», 2005.



Interpoint™ Products

ЭНЕРГИЯ КОСМОСА!

Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи Interpoint™

- Многообразие вариантов конструктивного исполнения
- Рабочий диапазон температур от -55 до +125°C
- Высокая радиационная стойкость до 300 крад
- Удельная мощность свыше 4000 Вт/дм³
- Выходная мощность от 1,5 до 100 Вт
- Входные напряжения: 16...40 В постоянного тока
- Выходные напряжения: 1,5; 2,5; 3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; 3,3/±12; 3,3/±15; +5/±12; +5/±15 В
- Выходной контроль по MIL-STD-883 и MIL-PRF-38534

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ КОМПАНИИ CRANE AEROSPACE&ELECTRONICS В РОССИИ

ProSoft®

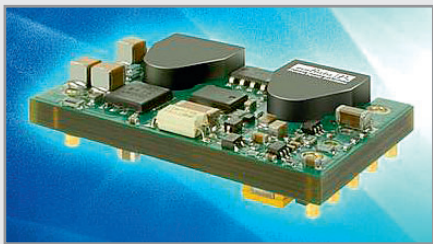
МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КИЕВ Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

100-ваттные DC/DC-преобразователи в формате 1/16-Brick

Компания Murata анонсирует полностью регулируемые DC/DC-преобразователи серии ULS. Изделия мощностью 100 Вт в 1/16-Brick-формате предназначены для распределённых систем энергоснабжения и архитектур с промежуточными напряжениями. Серия ULS содержит три версии с выходным напряжением 3,3; 5 и 12 В на выбор. В стандартном варианте предлагается диапазон выходного напряжения 36...75 В. Выполняются требования к изоляции согласно нормам EN60950 (до 250 В постоянного напряжения). Обеспечивается возможность дистанционного включения/выключения. Имеется защита от перегрева и от перегрузки, производится отключение при понижении напряжения. По данным производителя, серия ULS достигает значения КПД до 92% (у версии с выходным напряжением 12 В) и 91% (у моделей с выходным напряжением 3,3 и 5 В).



Выходное напряжение может выставляться в пределах $\pm 10\%$ от номинального значения, чтобы отвечать специальным требованиям определённых приложений или иметь возможность компенсации падения напряжения в линии передачи потребителю.

При использовании вывода дистанционного измерения (Remote-Sense) может быть достигнута точность регулирования $\pm 0,2\%$ во всем диапазоне входного напряжения и при всех нагрузочных условиях. Модули могут поставляться в исполнении для сквозного или для поверхностного монтажа. Они рассчитаны на диапазон рабочих температур $-40...+85^\circ\text{C}$.

www.murata.eu

ИС хост контроллера USB 2.0 Hi-Speed

Компания Future Technology Devices International (FTDI) расширяет хост контроллером FT313H своё предложение USB-решений. Элемент поддерживает USB 2.0 Hi-Speed (480 Мбит/с), а также Full-Speed (12 Мбит/с) и Low-Speed (1,5 Мбит/с) решения. Рабочее напряжение 3,3 В. Логический уровень конфигурируется в пределах

1,8...3,3 В. Ток потребления около 78 мА в рабочем режиме и менее 200 мкА в режиме ожидания. Интегрированная память High Speed RAM объёмом 24 Кбайт осуществляет передачу данных и буферизацию.

Мультиплексный интерфейс осуществляется посредством универсальной 16-рядной шины. NOR или SRAM предоставляет связь на уровне печатной платы и уменьшает количество выводов ИС. Так как поддерживается режим DMA (Direct Memory Access), ИС просто может сочетаться с системным микроконтроллером с целью улучшения подключения данных и повышения скоростей передачи.

Нисходящий порт микросхемы FT313H может быть сконфигурирован так, что он будет представлять собой зарядное USB-устройство для конечного прибора. При этом в распоряжении получается на выбор Charging Downstream Port (CDP) или Dedicated Charging Port (DCP), что соответствует ред. 1.2 спецификации заряда батарей.

При создании такого стандартизированного USB-канала зарядки между Embedded Host и периферией возможен повышенный зарядный ток от 0,5 до 1,5 А. FT313H функционирует в рабочем температурном диапазоне $-40...+85^\circ\text{C}$. Элемент поставляется в 64-контактных корпусах QFN, LQFP и TQFP, соответствующих требованиям директивы RoHS.

www.ftdichip.com

ШИМ-контроллер со встроенными драйверами и MOSFET

Microchip представляет семейство контроллеров для ИИП и семейство мощных MOSFET. ШИМ-контроллер и работающие с ним в паре MOSFET с низким FOM предназначены для применения в высокоэффективных DC/DC-преобразователях для различных применений, таких как заказная электроника или промышленная автоматизация.

Эти новые семейства расширяют сферы применения микросхем Microchip в системах преобразования электроэнергии. Компактный ШИМ-контроллер MCP19035 со встроенными синхронными драйверами MOSFET имеет хорошие параметры по переходным процессам.

Диапазон рабочих напряжений 4,5...30 В, частота 300 кГц, настраиваемое «мёртвое» время переключения транзисторов позволяют выбрать оптимальные параметры разрабатываемого источника питания. В паре с новыми MOSFET MCP87xxx новый ШИМ-контроллер позволяет добиться КПД

более 96%. Семейство высокоскоростных MOSFET-ключей MCP87xxx имеют низкий FOM и выпускаются в стандартных корпусах PDFN размером $5,6 \times 3,3 \times 3,3$ мм.

Микросхемы MCP87022, MCP87050 и MCP87055 имеют сопротивление канала 2,2, 5,0 и 5,5 мОм соответственно и предназначены, в первую очередь, для применения в ИИП. Новые MCP87xxx MOSFET также могут работать в паре с микроконтроллерами PIC и dsPIC, ориентированными на источники питания (dsPIC33 GS, PIC16F178x и др.).

Драйвер MOSFET MCP14700 идеально подходит для управления мощными MOSFET с низким FOM. Используя микроконтроллер, можно получить источник питания с выдающимися характеристиками.

www.microchip.com

Светодиоды средней мощности от Everlight Electronics

Компания Everlight Electronics представляет белые светодиоды средней мощности 62-227B (0,4 Вт) и 62-217B (0,5 Вт). Данные светодиоды в корпусе 5630 имеют коэффициент цветопередачи не менее 80 и соответственно не менее 75. Они могут использоваться во всех осветительных системах. Светодиод 62-217B при 0,5 Вт представляет собой мощное решение с высокими световыми характеристиками специально для приложений в диапазоне средней мощности.



Благодаря малой высоте ($5,6 \times 3,0 \times 0,9$ мм) этот светодиод с белым свечением пригоден для систем декоративного и развлекательного освещения, световых полос, световых трубок и световодов, для освещения вывесок и задней подсветки в коммерческой и потребительской областях, а также систем общего освещения.

Светодиод 62-217B предлагается в корпусе PLCC-4, без содержания свинца, соответствует требованиям RoHS и ANSI Binning. Светодиоды серии 62-217B имеются в 13 исполнениях: с тёплым белым свечением (2700...3000 К), с нейтральным белым свечением (4000 К) и с холодным белым свечением (5700...6500 К), с типичным значением светового потока 40...60 лм.

www.everlight.com

Макро

ВОЗМОЖНОСТИ

Микро

ТЕПЛОВИЗОРА

Quark

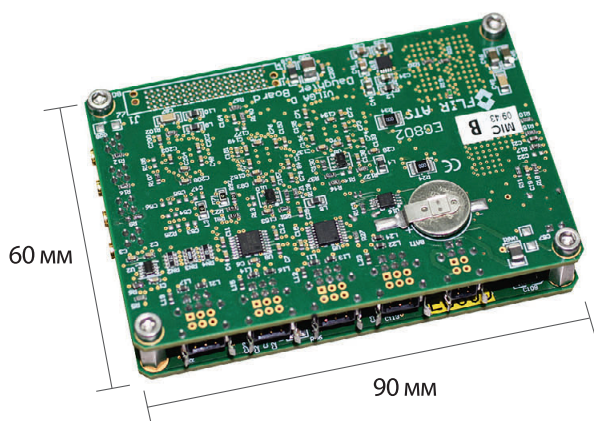
Quark – самый компактный тепловизионный модуль в мире. Он может быть интегрирован в прицел, шлем либо малый БПЛА.

- Разрешение 336×256 или 640×512 пикселей
- Размер пикселя 17 мкм
- Низкое энергопотребление < 1 Вт
- Крайне малые объем и масса
- Высокая устойчивость к ударам и вибрациям



Vilga

Видеопроцессор **Vilga** обеспечивает функцию сопровождения цели и способен обрабатывать видеосигналы, поступающие одновременно с нескольких оптических датчиков.



- Алгоритмы сопровождения подвижных и неподвижных целей
- Отображение слоя служебной информации
- Режим “Картинка в картинке”
- Функция электронной стабилизации изображения
- Сверхкомпактное исполнение



Прямые продажи:
+7 (495) 669-7076

www.flir.com/cvs/cores
3D at FLIR.com/pubQuark



FLIR[®]

Реклама

Технология ZigBee LightLink – просто, удобно, эффективно

Александр Калачёв (г. Барнаул)

Внедрение осветительных устройств, поддерживающих стандарт ZigBee LightLink, позволяет более рационально использовать электроэнергию и не требует специальных навыков в установке, конфигурировании и программировании устройств.

ВВЕДЕНИЕ

В области технологий производства светильников и систем освещения можно выделить две основные тенденции:

- переход на энергосберегающие светильники (светодиодные, электролюминесцентные);
- развитие и внедрение систем управления освещением.

Энергосберегающие светильники являются технологически сложными устройствами, имеющими собственные схемы электронных балластов или источников питания. Это, безусловно, повышает стоимость светильников. Однако наличие электронных балластов или источников питания существенно улучшает эксплуатационные характеристики. Так, корректор коэффициента мощности снижает влияние светильника на питающую сеть, способствует снижению общего уровня электромагнитных помех, позволяет работать светильнику в широком диапазоне питающих напряжений без ухудшения качества света (без уменьшения светового потока и повышения уровня пульсаций светового потока).

Наличие собственного источника питания часто даёт возможность управления светильником (регулировать яркость, включать и выключать) при помощи слаботочных управляющих сигналов и без применения механических выключателей. Управление светильниками в пределах помещения или здания позволяет оптимизировать режим энергопотребления, что в итоге сокращает расходы на освещение без снижения уровня комфорта и нарушения гигиенических норм, несмотря на относительно высокую стоимость светильников.

Системы управления освещением могут быть реализованы на базе проводных систем управления и переда-

чи данных (например, шин RS-485, сетей CAN, Ethernet и др.) и на базе беспроводных технологий (802.15.4, ZigBee, 6LoWPAN, RF4CE и др.). Возможна также комбинация различных решений.

Сети ZigBee

Одними из наиболее распространённых беспроводных сетей управления являются сети, построенные на базе стандартов альянса ZigBee. На сегодняшний день альянсом представлены десять профилей, регламентирующих состав, функции и способы взаимодействия узлов сетей различного назначения, – ZigBee Smart Energy, ZigBee Home Automation, ZigBee Remote Control, ZigBee Health Care, ZigBee Telecom Services, ZigBee Building Automation, ZigBee Retail Services, ZigBee 3D Sync, ZigBee Input Device, ZigBee Light Link [1].

Стандарты ZigBee Smart Energy, ZigBee Home Automation, ZigBee Building Automation предлагают комплексный подход к автоматизации управления различными системами и приборами жилых, коммерческих и промышленных помещений и включают в себя функции управления осветительными приборами (в частности, профиль ZigBee Home Automation). Стремительное развитие и совершенствование производства светодиодов и светильников на их основе позволило в полной мере реализовать функции управления освещением, поставив, тем не менее, ряд новых задач.

Снижение стоимости светодиодных светильников способствует их широкому распространению и постепенному вытеснению устаревающих светильников (ламп дневного света, ламп накаливания). Немаловажным фактором при замене светильников на светодиодные является простота их интеграции в существующие системы управления освещением и системы ав-

томатизации зданий. Большинство из перечисленных выше стандартов сетей при их развёртывании требуют комплексного подхода, часто с участием квалифицированных специалистов. Вместе с тем потенциальный рынок устройств и систем, не требующих профессиональной установки и настройки (типа включил – работает), достаточно велик.

В конце апреля 2012 г. альянс ZigBee объявил о завершении разработки и ратификации стандарта ZigBee Light Link [2], предназначенного для реализации беспроводных систем управления осветительным оборудованием. Инициаторами разработки стандарта выступили такие известные производители осветительного оборудования, как Philips, Osram, GreenWave, Sylvania и GE в содружестве с фирмами – производителями программного обеспечения и электронных компонентов, в том числе, STMicroelectronics, Atmel, Texas Instruments, Ember и NXP.

Предполагается, что устройства на базе нового стандарта будут так же просты в использовании, как и обычные домашние регуляторы освещения. Энергосберегающие лампы, светодиодные светильники, датчики, таймеры и пульта управления, выполненные с использованием ZigBee Light Link, будут включаться в единую сеть без применения каких-либо специальных координирующих устройств, что позволит потребителям легко дополнять свои сети освещения новыми приборами. При этом от потребителя не требуется каких-либо навыков установки, конфигурирования и программирования сетевых устройств.

Как и все устройства, использующие стандарты ZigBee, световые приборы ZigBee Light Link могут управляться через компьютеры, планшеты и смартфоны, подключённые к сети Интернет. Благодаря новому стандарту, потребители получают преимущества беспроводного управления освещением, а также возможность комбинировать в одной системе устройства разных производителей.

Типы сетей	RF4CE			ZigBee PRO							IP	
Профили приложений	ZRC	ZID	Z3S	ZLL	ZHA	ZBA	ZTS	ZRS	ZHC	ZSE 1.x	ZSE 2.0	
Сетевые протоколы	ZigBee RF4CE		ZGP	ZigBee PRO						ZigBee IP (на базе IETF)		Альтернативные реализации IP
MAC подуровень	IEEE 802.15.4 MAC										Альтернативные реализации MAC подуровня	
Подуровень PHY	IEEE 802.15.4 для частот менее 1 ГГц				IEEE 802.15.4 для диапазона 2.4 ГГц							Альтернативные реализации PHY подуровня

ZGP – ZigBee Green Power	Z3S – ZigBee 3D Sync	ZHA – ZigBee Home Automation	ZTS – ZigBee Telecom Services
ZRC – ZigBee Remote Control	ZSE – ZigBee Smart Energy	ZLL – ZigBee Light Link	ZRS – ZigBee Retail Services
ZID – ZigBee Interface Device	ZIP – ZigBee Internet Protocol	ZBA – ZigBee Building Automation	ZHC – ZigBee Health Care

Рис. 1. Семейство стандартов альянса ZigBee

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ZIGBEE LIGHT LINK

Стандарт ZigBee Light Link регламентирует функции и взаимодействие управляемых светильников, регуляторов света и устройств управления, обеспечивая совместимость устройств различных производителей, а также легкую интеграцию устройств в существующие или вновь развёртываемые сети. Стандарт позволяет удалённо управлять освещением помещений или зданий в зависимости от времени суток, освещённости, времени года, обеспечивая приемлемый уровень комфорта в сочетании с экономией электроэнергии.

В сети стандарта ZigBee Light Link не предусмотрено специально выделенных устройств, управляющих сетью (координаторов). В результате этого предельно упростилось использование таких сетей и устройств в повседневной жизни. Поскольку ZigBee Light Link является одним из стандартов ZigBee, устройства с его поддержкой являются совместимыми с устройствами родственных стандартов, включая ZigBee Home Automation, ZigBee Input Device, ZigBee Remote Control, ZigBee 3D Sync и ZigBee Health Care [2–4].

СТРУКТУРА ПРОФИЛЯ ZIGBEE LIGHT LINK

Так же как и другие профили ZigBee, профиль Light Link работает поверх стека протоколов ZigBee PRO (см. рис. 1) [4, 5]. Приложение в данном случае обеспечивает выполнение команд профиля на конкретной аппаратуре. Профиль предусматривает не только стандартизованные функции управления светильником, но и механизм подключения новых устройств к сети, называемый Touchlink, без координа-

тора сети и с достаточным уровнем безопасности.

Структура профиля ZigBee Light Link представлена на рисунке 2. Для поддержки межсетевое взаимодействие совместно со стеком протоколов ZigBee PRO действует компонент APS/NWK. Сам профиль реализует три основные функции:

- поддержку подключения и работы устройств в сети без координатора;
 - обеспечение безопасности;
 - библиотеку функций управления – кластер Light Link (основанный на функциях ZigBee Cluster Library с добавлением специализированных функций управления).
- В сеть профиля ZigBee Light Link входит только два типа устройств – устройства освещения (светильники) и устройства управления (пульты управления, контроллеры устройств).
- Основные устройства освещения:
- светильник с функциями включения/выключения;
 - выключатель;
 - светильник с регулируемым уровнем яркости;
 - регулятор света;
 - RGB-светильник (цветная подсветка);
 - подсветка интерьера и внешняя подсветка зданий;

- светильник с регулируемой цветовой температурой.
- Устройства управления освещением:
- RGB-контроллеры;
 - RGB-контроллеры подсветки сцен;
 - контроллеры управления освещением;
 - выключатели;
 - мосты и шлюзы для передачи управляющих команд.

Список кластеров функций, поддерживаемых в ZigBee Light Link, представлен в таблице.

Для рынка готовых устройств или приборов, предназначенных для самостоятельной установки, простота использования или запуска в работу является ключевым фактором популярности и успеха. Приборы освещения, безусловно, относятся к данному классу приборов, – не так часто потребитель вызывает мастера для смены лампочки дома или настройки телевизионных каналов.

Лёгкость развёртывания сети или интеграции в существующую сеть Light Link нового прибора обеспечивает механизм Touchlink, не требующий наличия в сети координатора. Touchlink использует механизм межсетевого взаимодействия (inter-PAN) для интеграции устройства в сеть. Передаваемые Touchlink сообщения со-

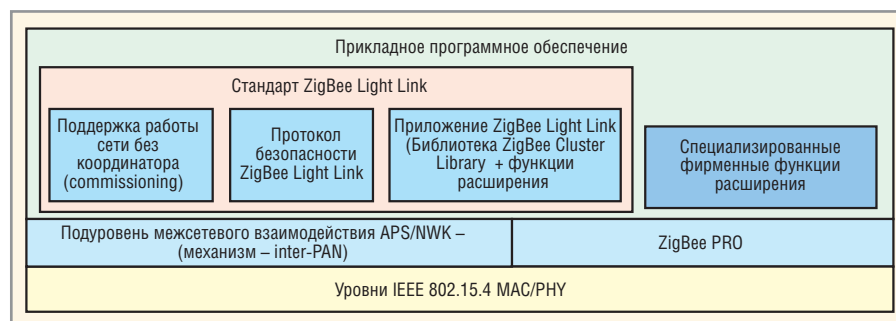


Рис. 2. Структура профиля ZigBee Light Link

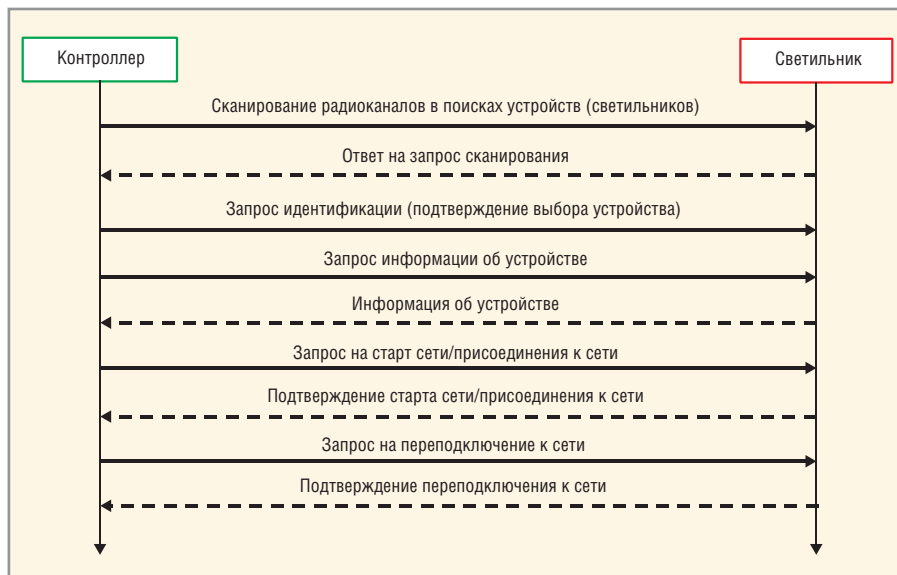


Рис. 3. Последовательность процедуры подключения Touchlink

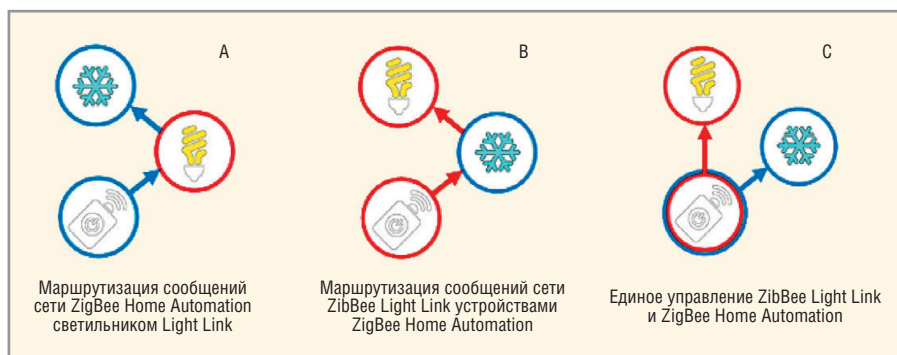


Рис. 4. Пример взаимодействия устройств ZigBee Light Link с устройствами других профилей

держат команды кластера ZigBee Light Link (ZLL) [4, 5]. После первого подключения устройства к сети, оно продолжает работу под управлением стека протоколов ZigBee PRO.

Процесс подключения устройства выглядит следующим образом:

- пользователь приобретает светильник и контроллер;
- включив питание светильника, пользователь на контроллере нажимает кнопку, инициирующую процедуру подключения Touchlink (см. рис. 3);

- по завершении процедуры пользователь получает возможность управлять светильником с данного контроллера.

Поскольку при работе устройств ZigBee Light Link после подключения используется стек ZigBee PRO, они могут взаимодействовать с устройствами других профилей ZigBee. Например, светильник может маршрутизировать и пересылать сообщения для системы кондиционирования; пакеты, предназначенные приборам освещения, могут быть переданы другими устройст-

вами автоматизации; один и тот же пульт управления может быть использован для всех устройств в доме или помещении (см. рис. 4).

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТИ ZigBee Light Link

Поскольку сети ZigBee Light Link функционируют без координатора и, следовательно, без доверительного центра, в них нет возможности использовать традиционный для сетей ZigBee механизм обеспечения безопасности. Поэтому ZigBee Light Link использует механизм безопасности сетевого уровня, когда стороны, участвующие в обмене данными, предварительно должны обменяться сетевым ключом.

Инициатор процедуры Touchlink отвечает за генерацию ключа и передачу его второму устройству при установлении соединения. Для того чтобы ключ не передавался в открытом виде, он шифруется мастер-ключом ZigBee Light Link, который присваивается устройству при подтверждении соответствия спецификации.

Устройства обнаруживают друг друга посредством Touchlink. Инициатор генерирует случайный ключ, шифрует его мастер-ключом и передаёт на сетевой уровень, одновременно запрашивая подключение к сети и передавая зашифрованный ключ. Устройство расшифровывает ключ мастер-ключом и передаёт его на сетевой уровень. Полученный ключ в дальнейшем будет использован при сетевом обмене между устройствами (см. рис. 5).

ПРЕИМУЩЕСТВА СЕТЕЙ ZigBee Light Link

Сети ZigBee LightLink могут быть использованы для повышения уровня комфорта за счёт возможности удалённого управления устройствами освещения, регулировки уровня яркости,

Список кластеров функций, поддерживаемых в ZigBee Light Link

Идентификатор кластера	Кластер	Библиотека	Атрибуты	Команды	Таблица сцен (при наличии её поддержки)
0x0000	Базовые функции – формирование атрибутов идентификатора	ZLC	Дополнительные	–	–
0x0003	Идентификация состояния – механизм переключения эффектов				
0x0004	Группы	ZCL	–	–	–
0x0005	Сцены – поддержка смен состояния с грациями до 1/10 с, поддержка механизма копирования сцен	ZCL	–	Дополнительные	Дополнительные
0x0006	Включение/выключение – механизмы управления сценой (возврат к предыдущему состоянию освещённости), задание режимов выключения, включение света на определённое время	ZCL	Дополнительные	Дополнительные	
0x0008	Управление уровнем освещённости – 16-битные градации уровня	ZCL	Расширенные	–	–
0x0300	Управление цветом – 16-битные градации уровня, управление цветовой температурой, задание последовательности циклического изменения цвета	ZCL	Дополнительные	Дополнительные	Дополнительные
0x1000	Подключение к сети ZLL	ZLL	–	Новые	–

наличия функций управления освещением по таймеру.

Внедрение устройств ZigBee LightLink позволяет более рационально использовать энергию за счёт регулировки освещения в зависимости от уровня освещённости, мониторинга энергопотребления, включения/выключения света в зависимости от присутствия человека в помещении.

Типичный радиус сети Light Link может составлять до нескольких десятков или даже сотен метров (с учётом маршрутизации сообщений узлами сети). При помощи шлюза в Интернете пользователь ZigBee Light Link получает возможность контролировать свою сеть светильников через глобальную сеть.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт ZigBee Light Link ориентирован на применение в экономичных, энергоэффективных светильниках, прежде всего, в светодиодных светильниках основного освещения и декоративной подсветки. В отличие от сетей других профилей, сети Light Link рассчитаны на развёртывание самим потребителем.

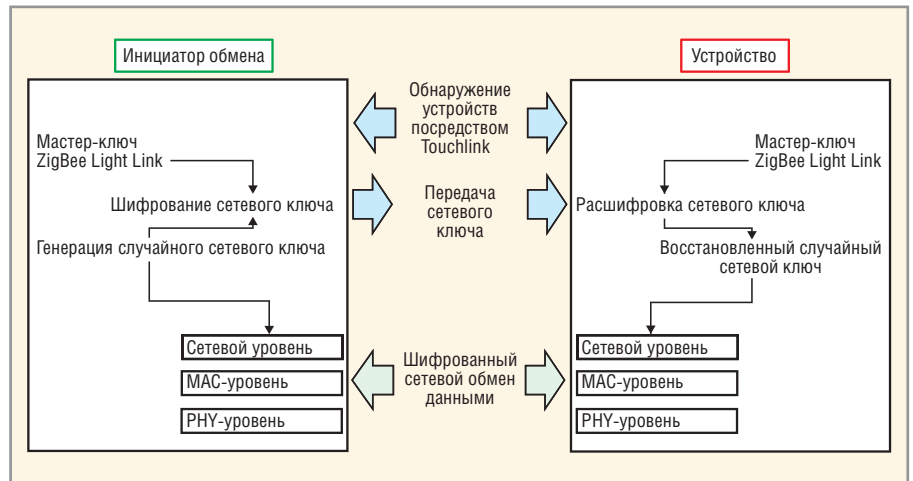


Рис. 5. Процедура установления безопасного соединения между устройствами Light Link

Интернет-шлюзы ZigBee позволяют управлять домашними осветительными приборами удалённо, используя достаточно простые программы – приложения, установленные на смартфонах, коммуникаторах и планшетных компьютерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Understanding ZigBee. <http://www.zigbee.org/About/UnderstandingZigBee.aspx>.
2. ZigBee Light Link Overview. <http://www.zigbee.org/Standards/ZigBeeLightLink/Overview.aspx>.

3. ZigBee Light Link Certified Products. <http://www.zigbee.org/Products/ByStandard/ZigBeeLightLink.aspx>.
4. Exploring New Lighting Opportunities with ZigBee Light Link Webinar. <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/12/docs-12-0255-01-0mwg-exploring-new-opportunities-with-zigbee-light-link.pdf>.
5. Bob Heile. ZigBee Light Link – The consumer friendly intelligent lighting solution. http://www.zigbee.org/portals/0/documents/events/2012_04_26_ZLL-Green%20Lighting-Heile.pdf.



САПР печатных плат

EREMEX DELTA DESIGN – сквозной цикл проектирования печатных плат

Менеджер библиотек

Схмотехническое моделирование

Топологический трассировщик

Схемный редактор



Тел.: +7 (495) 232-18-64 • Тел. +7 (812) 448-0444
 Факс: +7 (495) 234-06-40 • E-mail: info@eremex.ru • Web: www.eremex.ru



Реклама

Сетевые устройства для реализации «облачных вычислений»

Владимир Вычужанин (г. Одесса)

В статье рассматривается реализация стандарта 100 Гбит/с Ethernet в сетевых устройствах на основе 28-Гбит/с трансиверов, выполненных на ПЛИС Virtex-7 N580T фирмы Xilinx и оптических модулях. Устройства обладают широкой полосой передачи данных, высокой плотностью портов, низким энергопотреблением и сочетают требуемую масштабируемость с невысокой стоимостью.

ВВЕДЕНИЕ

«Облачные вычисления» – перспективное направление современной информатики, являющееся альтернативой локально используемому аппаратному и программному обеспечению. Идеология «облачных вычислений» заключается в переносе организации вычислений и обработки данных с локальных компьютерных центров на серверы Интернета [1]. Для реализации быстрого доступа к информации, хранящейся в «облаках», необходимо использование специальных сетевых устройств, позволяющих передавать данные на большие расстояния. Кроме того, подобные средства должны обеспечивать широкую полосу передачи данных на скорости не менее 100 Гбит/с, высокую плот-

ность портов, низкое энергопотребление, а также сочетать требуемую масштабируемость с невысокой стоимостью сетевых устройств [2, 3].

СТАНДАРТ 100 Гбит ETHERNET

Разрабатываемые быстродействующие 100-Гбит сетевые инфраструктуры для технологии «облачных вычислений» должны соответствовать требованиям стандарта IEEE Std 802.3ba 100 Gigabit Ethernet [4]. Стандарт регламентирует использование параллельной и последовательной передачи данных на скорости 100 Гбит/с, а также обеспечение максимальной скорости передачи данных 25 Гбит/с на одной несущей частоте. Кроме того, в соответствии со стандартом 100GbE, сете-

вые устройства для реализации «облачных вычислений» должны:

- поддерживать скорость передачи данных 100 Гбит/с на логическом MAC-уровне управления доступом к среде передачи данных;
- поддерживать только полнодуплексные режимы Ethernet уровня MAC;
- сохранять формат кадра Ethernet 802.3 уровня MAC;
- обеспечивать для интерфейса между уровнями MAC и PHY (физическим) поддержку значения BER (коэффициента битовых ошибок) не хуже 10^{-12} ;
- сохранять минимальный и максимальный размеры кадров стандарта IEEE 802.3;
- обеспечивать совместимость с оптическими транспортными сетями OTN.

Логический MAC-уровень управления доступом к среде передачи данных (подуровень канального, второго уровня модели OSI), согласно требованиям стандарта 100GbE, является подуровнем протокола и реализует адресацию и механизмы управления доступом к каналам передачи данных. Это позволяет нескольким терминалам или точкам доступа общаться между собой в многоточечной сети. MAC обеспечивает гибкость при взаимодействии разнотипных устройств (PHY и DTE) при передаче потока данных со скоростью 100 Гбит/с. Логический уровень реализует преобразование пакетов верхних уровней в кадры Ethernet: сегментирует, добавляет к заголовку преамбулу, MAC-адрес и контрольную последовательность FCS.

Физический уровень стандарта 100GbE состоит из трёх основных (PCS – Physical Coding Sublayer, PMA-Physical Medium Attachment, PMD – Physical Medium Dependent Sublayer) и двух необязательных подуровней [5, 6]. С уровня MAC данные попадают на подуровень согласования (RS – Reconciliation Sublayer), где последовательный поток данных преобразуется в параллельный 64-битный (64B) и через интерфейс CGMII (100 Gigabit Media Independent Interface – независимый от среды передачи 100 Гбит логический интер-

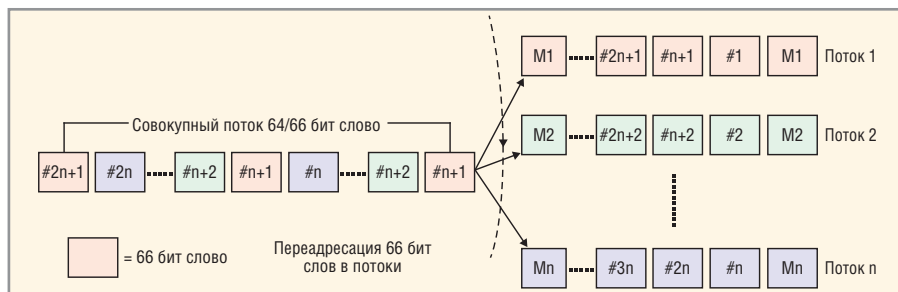


Рис. 1. Переадресация в сети 100 Гбит Ethernet 66-бит слов в индивидуальные потоки

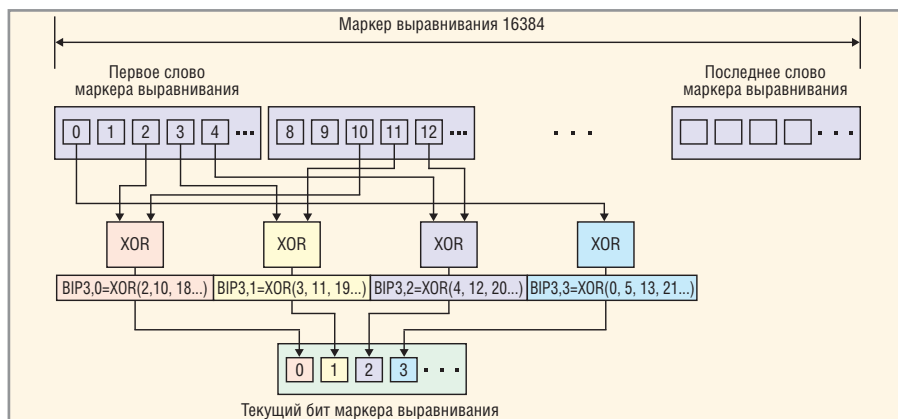


Рис. 2. Включение маркера выравнивания подуровнем PCS для полосы сдвига и полосы изменения порядка передачи данных

фейс) попадает на подуровень кодирования PCS.

Физический подуровень PCS осуществляет кодирование потока данных, поступающих в канал передачи, таким образом, чтобы они могли быть различимы приёмником и восстановлены в исходной форме. На физическом подуровне PCS часто применяет схему кодирования (скремблирования) 64В/66В, в которой 66-битное слово переадресуется карусельным образом в индивидуальные параллельные потоки, т.е. 64-битный поток данных (64В) преобразуется в 66-битный поток (66В) и разделяется на несколько потоков с меньшей скоростью (см. рис. 1). При кодировании к заголовку получения 64-битных данных добавляются дополнительные два бита синхронизации с целью формирования 66-битного блока – «01b» синхронизации заголовков пакетов данных и «10b» для управления пакетами данных. При распространении 66-битных блоков полос PCS, начиная с нулевой полосы, используется циклический механизм.

Согласно стандарту 100GbE, на физическом подуровне PCS определяются до двадцати полос передачи данных по двум направлениям (прямом – TX и обратном – RX). Так, поток со скоростью 100 Гбит/с расширяется до скорости 103,125 Гбит/с и распределяется на двадцать полос PCS по 5,15625 Гбит/с с поддержкой их интерфейсов. Для 100 Гбит Ethernet выходных битовых потоков может быть 10 или 4, с возможным их перемешиванием по определённому закону и распределением по выходным потокам.

Поскольку последовательный поток битов распределяется по индивидуальным параллельным потокам, для восстановления исходного потока в приёмнике, между параллельными потоками должна сохраняться временная синхронизация. Учитывая скорости и расстояния передачи данных, предусмотренные стандартом 100GbE, физические рассогласования потоков неизбежны. Для компенсации временных сдвигов (перекосов) используются специальные маркеры.

Маркер выравнивания имеет заголовок, контроль синхронизации («10b») и представляет собой DC-сбалансированный поток, состоящий из восьми байтов {M0, M1, M2, VIP3, M4, M5, M6, VIP7}, причём M4, M5, M6 являются побайтно обратными байтам M0, M1 и M2. Каждая полоса для подуровня

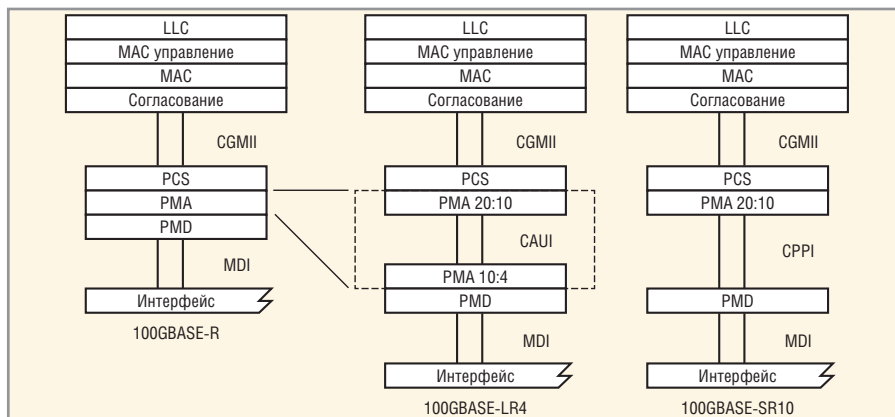


Рис. 3. Варианты архитектуры 100 Гбит Ethernet для протоколов 100GBASE-R, 100GBASE-LR4 и 100GBASE-SR10

PCS передачи данных (0, 1...19) имеет единственное байтное кодирование M0, M1, M2, позволяющее получить и расшифровать номер соответствующей полосы подуровня PCS (см. рис. 2).

Маркер выравнивания указателей вставляет 66-битный блок после кодирования 64В/66В одновременно в каждый поток данных через 16 384 кодовых 66-битных блока и удаляется в приёмнике данных при декодировании 64В/66В. Изменяя временной сдвиг поступления кодовых блоков, приёмник способен восстановить синхронность индивидуальных параллельных потоков. Передатчик, чтобы вставить маркер выравнивания, удаляет пробелы между пакетами IPG (Inter-packet gaps). С прекращением получения данных подуровнем PCS удаляются маркеры выравнивания.

Наличие периодического маркера выравнивания позволяет приёмнику нормально функционировать при значительных временных рассогласованиях сигналов между параллельными каналами передачи данных. Максимально допустимое значение перекоса в PCS составляет 180 нс для стандарта 100GbE.

После кодирования и синхронизации на подуровне PCS данные поступают на физический подуровень PMA, выполняющий функции тестирования передачи данных – генерацию тестовых последовательностей, формирование петли обратной связи данных для тестирования и т.п.

К особой группе протоколов, используемых для реализации интерфейсов физического уровня, основанной на методе блочного кодирования данных кодом 64В/66В и использующей спецификацию PMA, относится



Рис. 4. Общий вид оптического модуля CFP2

протокол 100GBASE-R физического подуровня PCS.

Протокол 100GBASE-R осуществляет кодирование/декодирование данных, полученных от интерфейса (или переданных на интерфейс) CGMII в виде кода в последовательной форме, а также распределение данных на PMA по нескольким параллельным потокам. Протокол 100GBASE-R подуровня PCS, функционально обеспечивая отображение пакетов кодом 64В/66В, распределяет пакеты на двадцать последовательных потоков PCS. Логический интерфейс CGMII обеспечивает соединение подуровня MAC с физическим уровнем PHY. В сетевых устройствах могут применяться различные варианты физического уровня PHY в ви-

Таблица 1. Основные параметры ПЛИС Virtex-7 H580T

Количество секций Slices	90 700
Число логических ячеек Logic Cells	580 480
Общее число блоков CLB	725 600
Объём блочной памяти Block RAM, Кбит	33 840
Объём распределённой памяти, Кбит	8850
Block RAM/FIFO w/ECC	940
Количество модулей CMTs (1MMCM+1PPL)	12
Максимум несимметричных I/O	600
Максимум дифф. пар I/O	288
Число аппаратных секций DSP48E1	1680
Число аппаратных модулей PCI Express Interface	2
Число приёмопередатчиков GTN 13,1 Гбит/с	48
Число приёмопередатчиков GTZ 28,05 Гбит/с	8
Объём конфигурационной памяти, Мбит	183,6

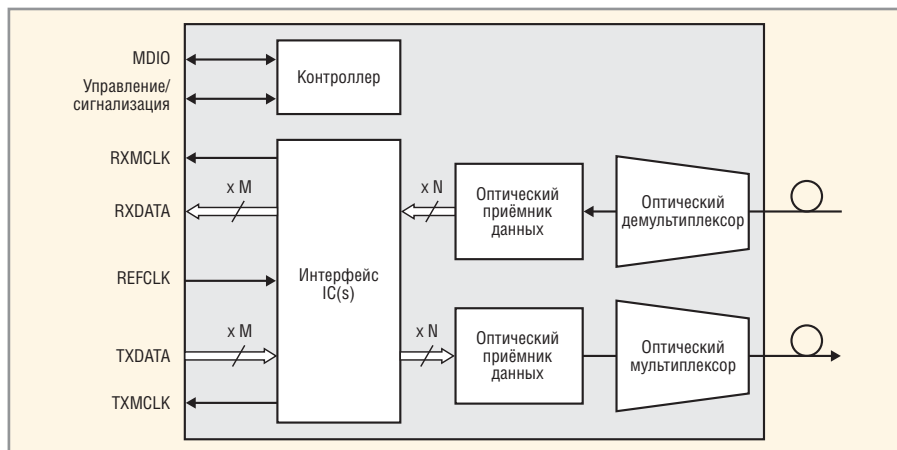


Рис. 5. Блок-схема оптического модуля CFP2

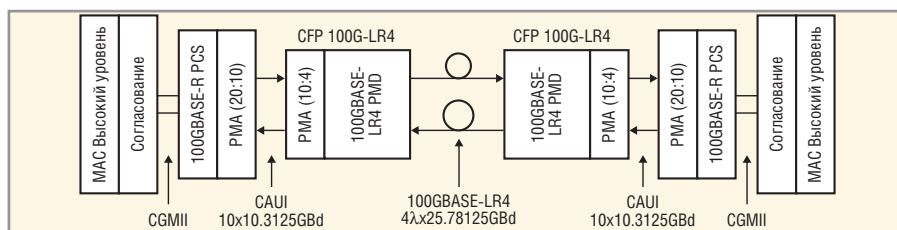


Рис. 6. Подключение оптических трансиверов CFP MSA с использованием протокола 100GBASE-LR4

де модулей, стандартизированных в 802.3ba в различных MSA (Multi-source agreements) и использующих оптическое волокно (см. таблицу 1).

В качестве примера на рисунке 3 приведены три варианта архитектуры 100GbE для протоколов 100GBASE-R, 100GBASE-LR4 и 100GBASE-SR10 систем передачи сигналов. Схемы содержат: CPPI – параллельный физический интерфейс, сервисный интерфейс CAUI (gigabit per second Attachment Unit Interface) – модуль 100 Гбит/с интерфейса подключения, а также логический интерфейс CGMII.

РЕАЛИЗАЦИЯ КАНАЛОВ СВЯЗИ 100 Гбит/с

В настоящее время для одновременной передачи данных со скоростью 100 Гбит/с и более по нескольким каналам используется последовательный высокоскоростной интерфейс на основе меди. Для компенсации ухудшения качества сигнала применяют его выравнивание на сторонах передачи и приёма. Однако эффективность подобных решений ограничена расстоянием передачи: чем выше скорость, тем меньше расстояние, на которое данные могут быть переданы без ущерба для целостности сигнала. В целом

подобные решения эффективны при небольших длинах медных кабелей, что в принципе не подходит для каналов связи Интернет.

Реализацию стандарта IEEE Std 802.3ba 100GbE можно обеспечить высокопроизводительными сетевыми решениями для пакетной обработки трафика управления, коммутации и агрегации на основе применения оптических интерфейсов.

Известные оптические стандарты включают оптические модули форматов SFP+, CFP (C form-factor pluggable) и CFP2. Перечисленные оптические модули выгодно отличаются пропускной способностью, низкой стоимостью передачи одного бита, энергетической эффективностью, а также форм-фактором [7]. Так, оптический модуль SFP+ поддерживает скорость оптической линии связи 10 Гбит/с, а CFP – 100 Гбит/с. Хотя CFP потребляют больше энергии в расчёте на бит, чем SFP+, используемая интеграция одного волокна уменьшает сложность построения и затраты на обслуживание. Оптический модуль формата CFP2 (см. рис. 4 и 5) обладает пропускной способностью 100 Гбит/с, как и модуль CFP, но имеет в два раза меньшие размеры и энергопотребление, а также меньшую стоимость. Одним из стандартизированных оптических модулей, поддерживающих 100 Гбит Ethernet, является CFP MSA, который осуществляет первоочередные подключения

оптических трансиверов с использованием протокола 100GBASE-LR4, в том числе, высокоскоростного 100 Гбит/с (см. рис. 6).

СТАНДАРТ 100GbE и ПЛИС

Реализация стандарта IEEE Std 802.3ba 100GbE для технологий «облачных вычислений», помимо решения проблемы, связанной с расстоянием передачи данных, требует применения широкополосных быстродействующих сетевых инфраструктур, способных обеспечить функционирование логического MAC и физического уровня для 100 Гбит Ethernet.

Следует также отметить, что при реализации технологии «облачных вычислений» возникает ряд аппаратных проблем, связанных с ограничением функций подсистемы хранения данных, коммутаторов, маршрутизаторов и систем ввода/вывода. Также ограничена внешняя скорость передачи данных по кабелям и другим соединениям, связывающим коммутаторы, маршрутизаторы и системы хранения данных.

Гибкость и реконфигурируемость технологии ПЛИС позволяет использовать их в системах, требующих широкого набора средств для обработки потоков ввода/вывода данных со скоростью 100 Гбит/с. Сетевые операционные преимущества подобных схемных структур вытекают из присущей им эффективной маршрутизации при обработке потоков данных 100 Гбит/с. В этом контексте технология «облачных вычислений» оказывает влияние на широкое внедрение устройств на ПЛИС для обработки высокоскоростных потоков данных.

Для обработки высокоскоростных потоков данных 100 Гбит/с фирма Xilinx предлагает использовать гетерогенные 3D-матрицы FPGA Virtex-7 H580T (см. таблицу 2), состоящие из соответствующих матриц кремния SSI (Stacked Silicon Interconnect) (см. рис. 7 и 8) [8]. FPGA Virtex-7 H580T с трёхмерной интеграцией, установленная в широкополосных быстродействующих сетевых инфраструктурах, может реализовать до 16 трансиверов с пропускной способностью 28 Гбит/с или до 72 трансиверов со скоростью 13,1 Гбит/с, а также использоваться в виде кристалла на платах N×100 Гбит/с и 400 Гбит/с. Благодаря разделению трансиверов и ядра достигается шумовая изоляция, способствующая сохранению целост-

Таблица 2. Стандартизированные варианты PHY

PHY	100 Гбит Ethernet
Минимум 10 км по SMF	100GBASE-LR4
Минимум 40 км по SMF	100GBASE-ER4

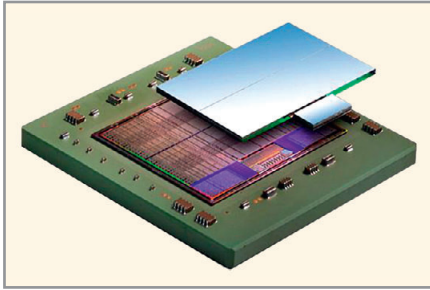


Рис. 7. Общий вид гетерогенной программируемой 3D-матрицы Virtex-7 H580T

ности обрабатываемых сигналов и увеличению ресурса системы. В устройстве Virtex-7 H580T предусмотрены дополнительные возможности отладки функций оптических транспортных сетей OTN, логического MAC-уровня, Interlaken IP и исключена необходимость использования отдельных кодируемых элементов и устройств ASSP (Application Specific Standard Product).

Гетерогенная архитектура Virtex-7 H580T, реализующая до 16 трансиверов, обеспечивает скорость 28 Гбит/с для оптического модуля формата CFP2. На скорости 100 Гбит/с предусмотрены дальний (LR – до 10 км) и сверхдальний (ER – до 40 км) режимы работы оптического модуля CFP2.

Физический уровень PHY при соединении ПЛИС с оптическим модулем поддерживает высокую мощность режима работы интерфейса CAUI-4 (см. рис. 9а) или низкую мощность режима работы CPPI-4 (см. рис. 9б). Оптический модуль CFP2 использует 10-кратный 10/11-Гбит или четырёхкратный 25/28-Гбит интерфейс. Переход на оптические модули с четырёхкратным 25/28-Гбит интерфейсом позволяет использовать совместно с ПЛИС до восьми оптических модулей 100 Гбит/с.

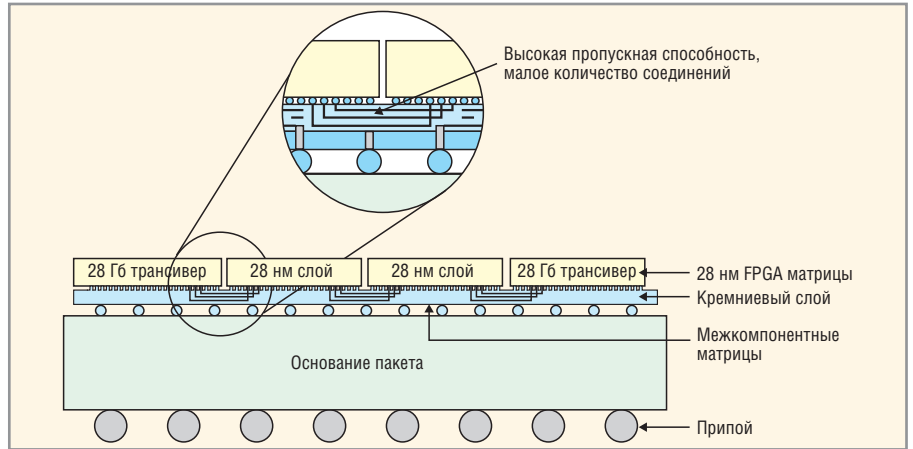


Рис. 8. Ячейка Virtex-7 H580T, выполненная по кремниевой технологии (вид сбоку)

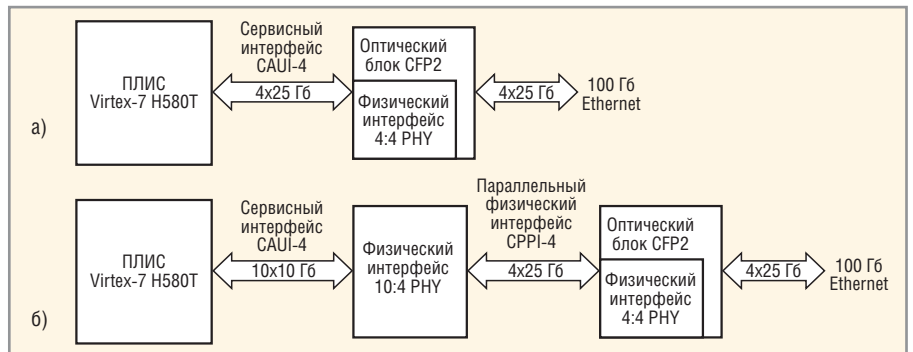


Рис. 9. Место физического уровня PHY в соединениях ПЛИС с оптическим модулем CFP2

Структура физического подуровня PCS, подключаемого к физическому подуровню PMA, как было отмечено ранее, выполняет функцию кодирования. Программируемые FPGA-устройства с 28-Гбит поддержкой масштабируемого интерфейса SerDes (Serializer/Deserializer) могут быть использованы для реализации двухпортового блока кодирования с расширенными функциями тестирования и отладки. На рисунке 10 показано совместное подключение двухпортового блока кодирования (с расширением двух портов 100 Гбит/с) на основе Vir-

tex-7 H580T и оптического модуля CFP2.

ПЛИС Virtex-7 H580T поддерживает:

- протокол SFI-S с 11 полосами по 11,2 Гбит/с (одна полоса – на устранение перекоса) и до 72 SerDes по 13,1 Гбит/с;
- протокол SFI-S с 5 полосами по 28 Гбит/с (одна полоса – на устранение перекоса) и до 16 SerDes по 28 Гбит/с.

Блок кодирования принимает входящие 10-кратные потоки 10/11 Гбит/с и после кодирования передаёт их четырёхкратным последовательным ин-

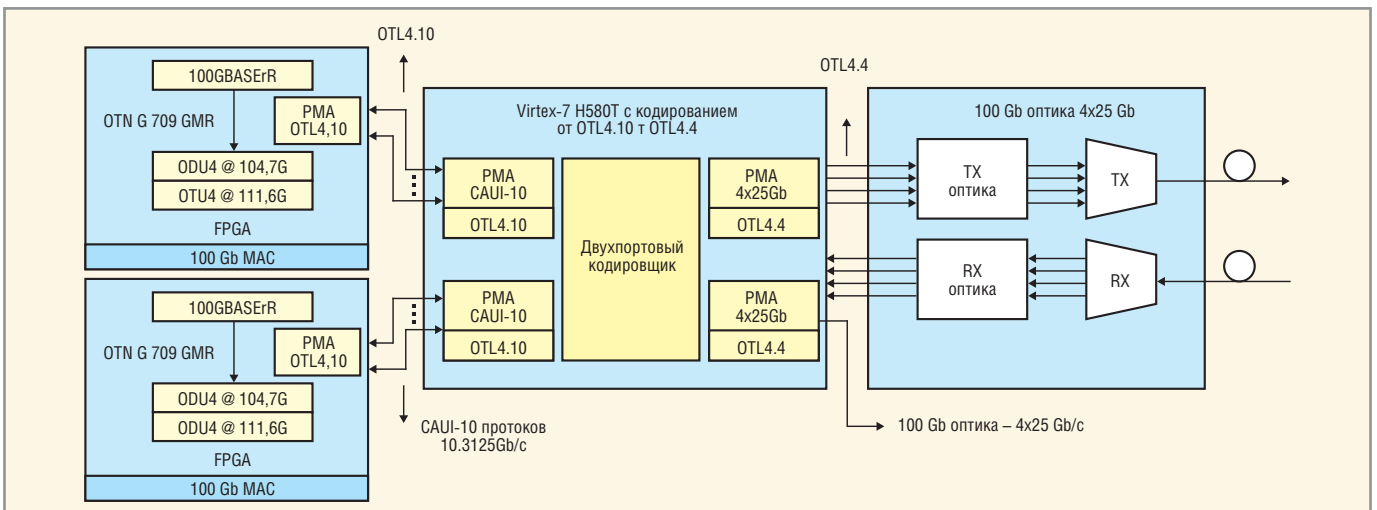


Рис. 10. Блок-схема 100-Гбит/с оптического модуля и ПЛИС

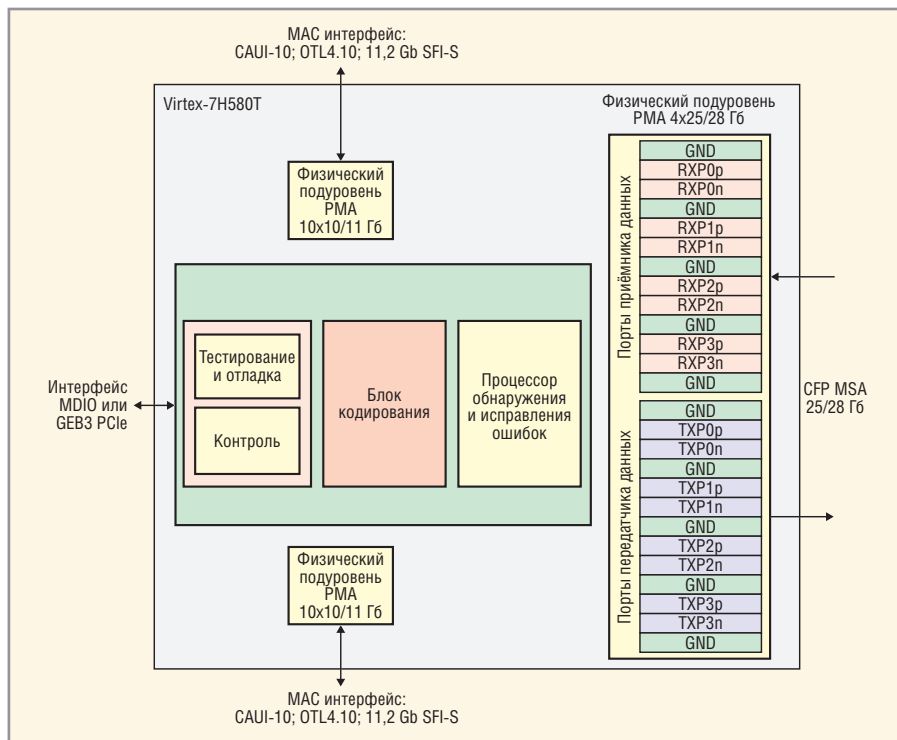


Рис. 11. Реализация блоком кодирования в ПЛИС Virtex-7 HT программируемых, расширяемых и гибких 100-Гбит/с приложений

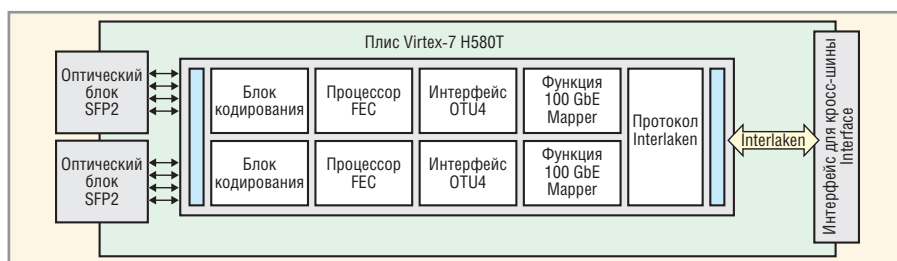


Рис. 12. OTN-транспондер 2x100 Гбит/с на Virtex-7 H580T и CFP2

терфейсом 25/28 Гбит/с с помощью подуровня PMA (20:4).

Применение ПЛИС Virtex-7 H580T позволяет реализовать 100-Гбит функции MAC-уровня, NPU, Traffic Management/QoS, а также Framer и др. (см. рис. 11).

Блок кодирования обеспечивает поддержку:

- 10x10 Гбит CAUI-интерфейса для последовательного интерфейса связи 4x25 Гбит/с;

- физического перевода интерфейса с OTL 4.10 на OTL 4.4;
- перевода 11,2 Гбит/с 10-полосного интерфейса SFI-S в 28 Гбит/с четырёхполосный интерфейс SFI-S с устранением перегиба полосы.

С целью повышения плотности портов 100-Гбит блока кодирования осуществляется подключение ASIC/FPGA/ASSP Ethernet 100 Гбит/с с использованием функций стандартов MAC или OTN. На одной ПЛИС Vir-

tex-7 H580T можно создавать 100-Гбит транспондеры OTN, содержащие несколько оптических модулей CFP2. Применяя двух- и/или четырёхъядерный блок кодирования в ПЛИС, можно подключить к Virtex-7 H580T до восьми 4x25/28 Гбит/с оптических модулей CFP2. В качестве примера на рисунке 12 приведён 2x100 Гбит/с транспондер стандарта OTN на одной ПЛИС Virtex-7 H580T и двух оптических модулях CFP2.

ПЛИС Virtex-7 H580T, помимо физического подуровня PMA, обладает связанными синхронизацией ресурсами для поддержки интерфейсов CAUI-10x10 Гбит/с, OTL 4.10, CPPI интерфейса 4x25 Гбит/с, а также интерфейса OTL 4.4. Оптическая транспортная сеть иерархии G.709 определяет 100 Гбит Ethernet в канале оптического блока данных типа ODU4 (optical data unit), используя общие процедуры отображения GMP (generic mapping procedure). В свою очередь, ODU4 отображается на канал оптического транспортного блока OTU4 (optical transport unit). В оптическом блоке OTU4 используется в качестве интерфейса OTL4.10 или OTL 4.4. В ODU4 клиентская скорость составляет 104,79 Гбит/с, а скорость передачи данных – 111,809 Гбит/с. В блоке OTU4 интерфейс OTL 4.10 связывает более десяти полос SerDes, каждая из которых работает на скорости $(255/227) \times 9\,953\,280$ Кбит/с = 11,18 Гбит/с. Интерфейс OTL 4.4 может быть использован для блока OTU4 для связывания четырёх полос SerDes на скорости $(255/227) \times 24\,883\,200 = 27,952$ Гбит/с (см. рис. 9).

Для поддержки связи 100 Гбит/с, обнаружения и исправления ошибок при совместном функционировании ПЛИС Virtex-7 H580T и оптических модулей CFP в соответствии с протоколом OIF SFI-S 1.0 используется процессор FEC на 4–20 полос масштаби-

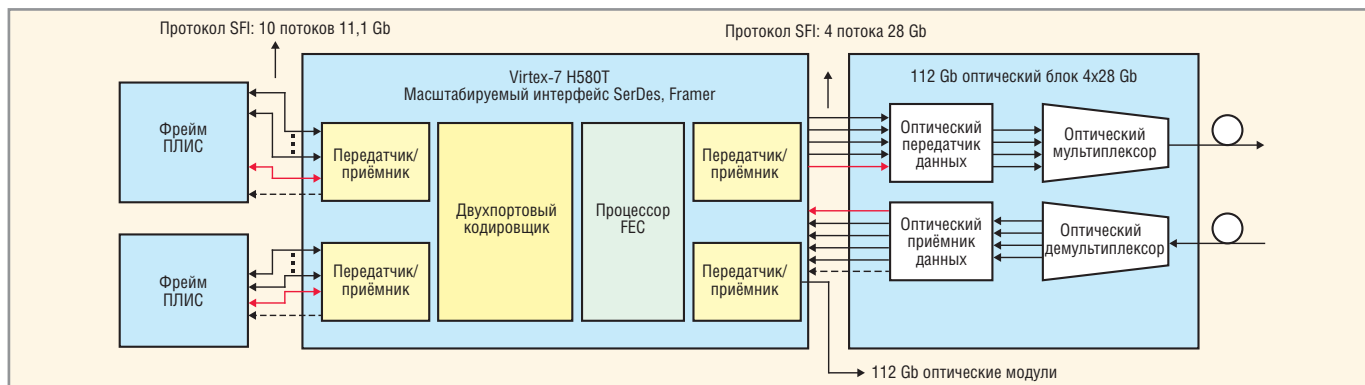


Рис. 13. Реализация протокола SFI-S в Virtex-7 H580T

руемого интерфейса (см. рис. 13). Блок кодирования в ПЛИС обеспечивает взаимодействие между устройствами, использующими различные полосы и линии фрейма SFI-S. Следует отметить, что протокол SFI-S не зависит от формата данных и может выполнять любые форматы протоколов трактов передачи и приёма данных. Протокол SFI-S используется для устранения перекоса в отдельных каналах передачи данных и позволяет упростить процедуру устранения перекоса и уменьшить сложность SerDes. Применение протокола SFI-S не даёт побочных эффектов, поскольку протокол использует дополнительную полосу SerDes.

Преимущества использования блока кодирования в Virtex-7 H580T заключаются ещё в том, что он позволяет осуществлять большие объёмы тестирования, отладки и контроля ПЛИС. Для этого в Virtex-7 H580T встроена модель генератора PRB на 13,1 Гбит/с или 28 Гбит/с для SerDes, что позволяет осуществить проверку физического подслоя PCS в различных режимах работы системы передачи данных. Кроме того, Virtex-7 H580T, имея значительное число блоков оперативной памяти (см. таблицу 2), может за несколько миллисекунд обеспечить проверку потоков получаемых данных различной длины.

Блок кодирования в ПЛИС также обеспечивает имитацию перекосов распространения сигнала. Для минимизации дрожания сигналов трансиверов в Virtex-7 H580T используется

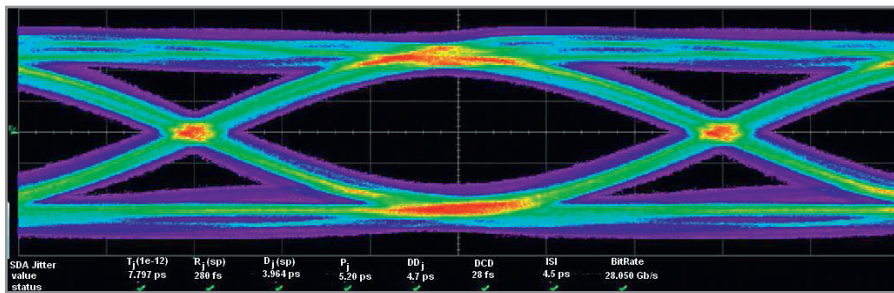


Рис. 14. Глазковая диаграмма 28-Гбит/с трансивера на Virtex-7 H580T

синхронизация с фазовой автоподстройкой частоты (PLL). Для компенсации потерь и поддержания целостности передаваемого сигнала в трансиверах реализована передача предсказаний и автоматическая адаптация в линейном эквалайзере приёмника.

Проведённые исследования 28-Гбит/с трансивера на Virtex-7 H580T показали, что полученная для него глазковая диаграмма (см. рис. 14) отражает низкий джиттер и высокое качество передаваемого сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для реализации стандарта 100 Гбит Ethernet в сетевых устройствах могут эффективно использоваться разработанные фирмой Xilinx на основе FPGA Virtex-7 H580T трансиверы 28 Гбит/с с низким фазовым шумом, сетевые карты N×100 Гбит/с и 400 Гбит/с и оптические модули CFP2. Такой комплект устройств обеспечивает быстрый доступ к информации, хранящейся в «облаках», обладает широкой полосой передачи данных на скорости не менее 100 Гбит/с, вы-

сокой плотностью портов, низким энергопотреблением и сочетает требуемую масштабируемость с невысокой стоимостью конечного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhou S. Understanding the Evolution Dynamics of Internet Topology. Physical Review E. 2006. Vol. 74.
2. Hewitt C. ORGs for Scalable, Robust, Privacy-Friendly Client Cloud Computing. Massachusetts Institute of Technology. 2008. Vol. 12. № 5.
3. Риз Дж. Облачные вычисления. БХВ-Петербург, 2011.
4. IEEE 802.3ba-2010. IEEE Standard for Information Technology. Amendment 4: Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for 40 Gb/s and 100 Gb/s Operation. IEEE, 22 June 2010.
5. D'Ambrosia J. 100 Gigabit Ethernet and Beyond. IEEE Communications Magazine. 2010.
6. Toyoda H., Ono G., Nishimura Sb. 100GbE PHY and MAC Layer Implementations. IEEE Commun. Mag. 2010. Vol. 50. No. 3.
7. CFP MSA Hardware Specification Revision. 2010. No. 14.
8. www.xilinx.com.



ЭК ЗИП

Огромный ассортимент
Всегда в наличии на складе

www.zip-2002.ru

Создание эффективных каналов управления устройствами GSM/GPRS через Интернет

Александр Елисеев (г. Вильнюс, Литва)

Приведён обзор технологий управления через Интернет встраиваемыми устройствами, оборудованными модемами GSM/GPRS. Описаны методы преодоления ограничений, наложенных межсетевыми экранами и серверами трансляции адресов (NAT). Показаны преимущества, предоставляемые виртуальными частными каналами.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное управление устройствами через глобальную сеть Интернет является большим удобством для пользователя. Однако надёжная связь со встраиваемыми устройствами через десятки маршрутизаторов и сред распространения сигналов является сложной задачей, особенно при связи на большие расстояния и через границы государств. Каналы связи GSM/GPRS успешно решают проблему расстояний, покрытия и глобализации управления, но устанавливая значительные ограничения на пропускную способность, стоимость передачи данных и способы доступа по протоколу TCP/IP.

Проблемы с доставкой пакетов TCP/IP приводят к ошибкам в работе прикладных программ, таких как веб-браузеры, FTP-клиенты, почтовые клиенты, Telnet и т.д. Если на настольном компьютере или планшете пользователь может предпринять ряд шагов по устранению неполадок, включая смену коммуникационного канала и пере-

установку программы, то встраиваемое устройство должно автоматически настроиться для установления связи. Разработчики встраиваемых устройств, естественно, не могут создать более интеллектуальные программы, чем работающие на настольных компьютерах, поэтому неизбежны компромиссы, ограничивающие возможности и выбор используемых интернет-технологий. Ниже мы опишем некоторые методы, применяемые при реализации интернет-каналов связи поверх GPRS.

Модемы GPRS

GPRS является технологией пакетной связи, работающей на базе GSM. Редкий GSM-модем на сегодняшний день не является одновременно и модемом GPRS. Такие модемы получили широкое распространение и значительно дешевле модемов, оснащённых протоколами 3G и EDGE. Сети GSM повсеместно предлагают услугу GPRS, чего нельзя сказать про EDGE и, тем более, 3G. Максимальная пропускная способ-

ность GPRS составляет до 48 Кб/с. Модемы GPRS могут иметь встроенный стек TCP/IP либо прозрачно передавать пакеты TCP/IP. В последнем случае модемы GPRS используют протокол PPP в качестве контейнера для пакетов TCP/IP. С помощью сервисов встроенного в модемы протокола PPP внешние устройства могут получить информацию о полученном адресе IP и адресе шлюза для выхода в Интернет.

Адрес IP, предоставленный оператором, может быть либо публичным, либо частным, – это зависит от плана подключения для конкретной SIM-карты и особенностей сети оператора. Как правило, адрес назначается из пула частных адресов, если SIM-карта приобретена без дополнительных условий. Частные адреса находятся в диапазонах (в шестнадцатеричной кодировке) 0A.xx.xx.xx, AC.1x.xx.xx и C0.A8.xx.xx.

Устройство с частным адресом не может указывать его в качестве адреса отправителя при посылке пакетов в Интернет. Обратный адрес должен быть публичным, иначе до устройства не дойдёт ответ адресата и в принципе станет невозможной двухсторонняя связь. Для решения этой задачи, в сети оператора связи существуют специальные серверы трансляции адресов (NAT).

Трансляторы сетевых адресов

В 2012 г. во всемирной сети закончились свободные публичные IP-адреса, основанные на протоколе IPv4; переход на протокол IPv6 затянулся, но при этом количество клиентов, желающих использовать сеть Интернет как инструмент удалённого управления, непрерывно растёт. Дефицит публичных адресов является серьезным препятствием на пути развития служб удалённого управления встраиваемыми устройствами.

На рисунке 1 показана типичная структурная схема сети оператора мобильной связи с точки зрения внешнего пользователя. Когда оператор выделяет модему GPRS частный IP-адрес, это означает, что в сети работает сервер NAT, задачей которого является преобразование частных адресов в

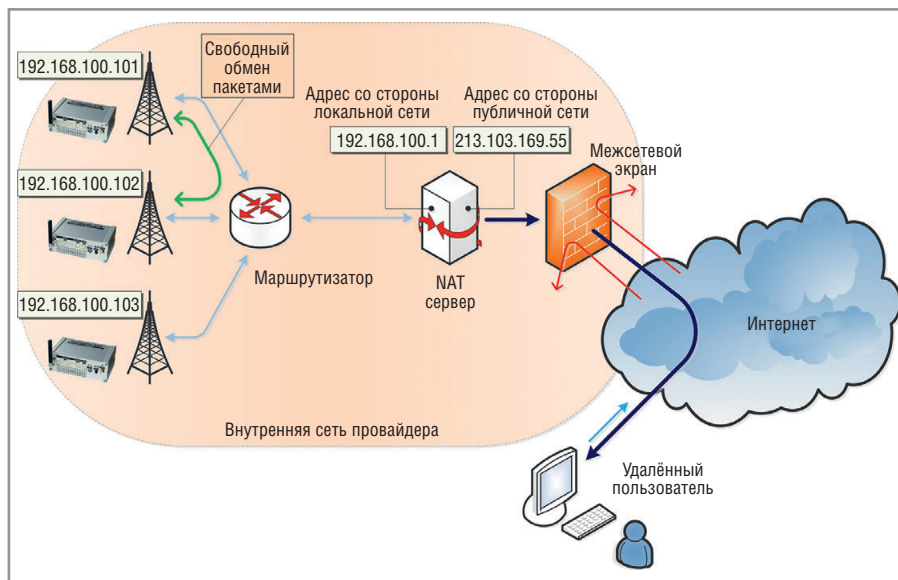


Рис. 1. Структурная схема сети оператора связи

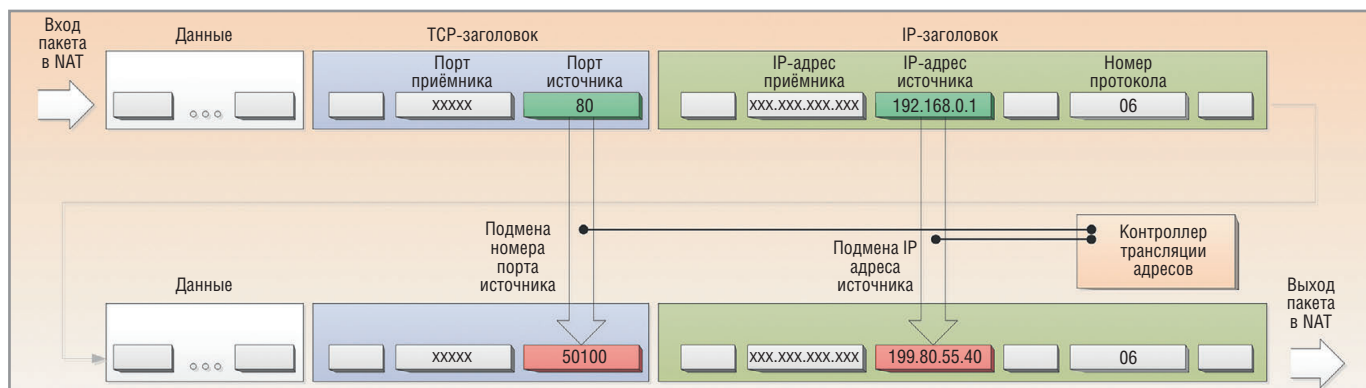


Рис. 2. Алгоритм работы сервера NAT при передаче пакета TCP в Интернет

публичные и обратно при прохождении данных между Интернетом и сетью оператора.

Целью использования NAT является экономия публичных адресов, которая достигается за счёт того, что они назначаются не устройствам в сети оператора, а только одному серверу NAT. Внутри сети оператора применяются только частные адреса. Маршрутизатор по адресу назначения определяет, какие пакеты IP надо направлять серверу NAT. Обычно модемы GPRS, присоединённые к одной сети оператора и с одинаковым параметром APN (задаётся при установлении соединения), могут общаться между собой беспрепятственно, используя частные адреса. Однако внутренняя сеть оператора может быть поделена на подсети, и тогда, оказавшись в разных подсетях, модемы GPRS не смогут установить между собой связь по внутренним адресам, если последние выделяются динамически (сервером DHCP). Поэтому соединение по частным адресам внутри сети оператора не может рассматриваться как надёжный канал управления устройствами.

Принцип работы сервера NAT достаточно простой, если рассматривать его на уровне отдельных соединений TCP/IP. На рисунке 2 показан алгоритм работы сервера NAT при передаче пакета TCP из внутренней сети оператора в Интернет. Трансляция частных IP-адресов через один публичный во многом становится возможной именно из-за наличия такого элемента адресации, как номер порта в пакетах TCP. Когда приходит ответ из сети Интернет от удалённой стороны, серверу NAT достаточно провести обратный поиск в таблице подмен по номеру порта назначения из полученного пакета, чтобы узнать порт TCP и адрес IP-узла во внутренней сети, которому предназначается пакет. Каждая новая запись в

таблице подмен появляется, когда устройство во внутренней сети инициирует связь с удалённым узлом в Интернет. Запись удаляется, если в течение определённого времени не было обменов либо после явного разрыва связи узлами.

Сервер NAT способен анализировать состояние каждого логического соединения TCP и определять фазы установления и прекращения соединений. Всё сказанное выше относится и к пакетам UDP, которые также содержат номер порта. Это не означает, что сервер NAT способен пропускать только пакеты TCP и UDP, в других протоколах поверх IP могут быть различные атрибуты, уникально доопределяющие источник во внутренней сети. Например, команда PING протокола ICMP имеет уникальный атрибут Sequence number, который может быть выбран NAT в качестве индекса для построения таблиц трансляции IP-адресов.

Таким образом, модем GPRS с присвоенным ему частным адресом обязан первым инициировать связь с другими узлами в Интернете. Инициировать связь в обратном направлении невозможно, поскольку сервер NAT пропускает только пакеты, соответствующие записи трансляции. Впрочем, запись может существовать, если предыдущий сеанс связи не был явно разорван, а первый пакет нового соединения имеет те же номер порта и адрес IP. Однако межсетевой экран (файрвол) оператора, который более «пристально» следит за подключениями TCP, может иметь жёсткую политику безопасности, не допускающую таких коллизий.

Управление через канал TCP, инициированный модемом GPRS

Благодаря технологии NAT, модемы GPRS имеют возможность устанавливать полнофункциональные соедине-

ния TCP и работать, используя протокол UDP, хотя и должны первыми начинать сеанс связи. Модемы могут свободно высылать и принимать электронную почту, осуществлять поиск web-страниц, пересылать файлы на FTP-серверы, запрашивать информацию у серверов DNS и серверов точного времени, и т.д. Для управления устройствами через GPRS удобно использовать соединения TCP, поскольку они гарантируют доставку данных. Использование протокола UDP нежелательно, т.к. в нём отсутствует контроль доставки данных, а в сетях GSM потеря пакетов или их недопустимая задержка – явление весьма частое. Поскольку модем первым инициирует соединение, на удалённой стороне связь с модемом должен поддерживать сервер TCP, разумеется, с публичным IP-адресом.

Протокол TCP не определяет, какие данные, как и когда передаёт или принимает устройство. Этим должно заниматься приложение пользователя на сервере, работающее поверх протокола TCP. Такие приложения обычно создаются индивидуально под заказчика. Дело осложняется тем, что клиентами серверов приложений являются простые встраиваемые устройства, не обладающие ресурсами и возможностями ПК и не поддерживающие возможности программных структур типа .NET.

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ «ПОЛИГОН»

Ниже представлена реализация системы управления тактическим мобильным полигоном (см. рис. 3), разработанная в рамках исследования возможностей применения связи GPRS. Концепция «полигона» заключалась в том, чтобы его можно было развернуть на любом участке подготовленной местности, покрытой связью GPRS, в кратчайшие сроки и гибко управлять из нескольких центров наблюдения,

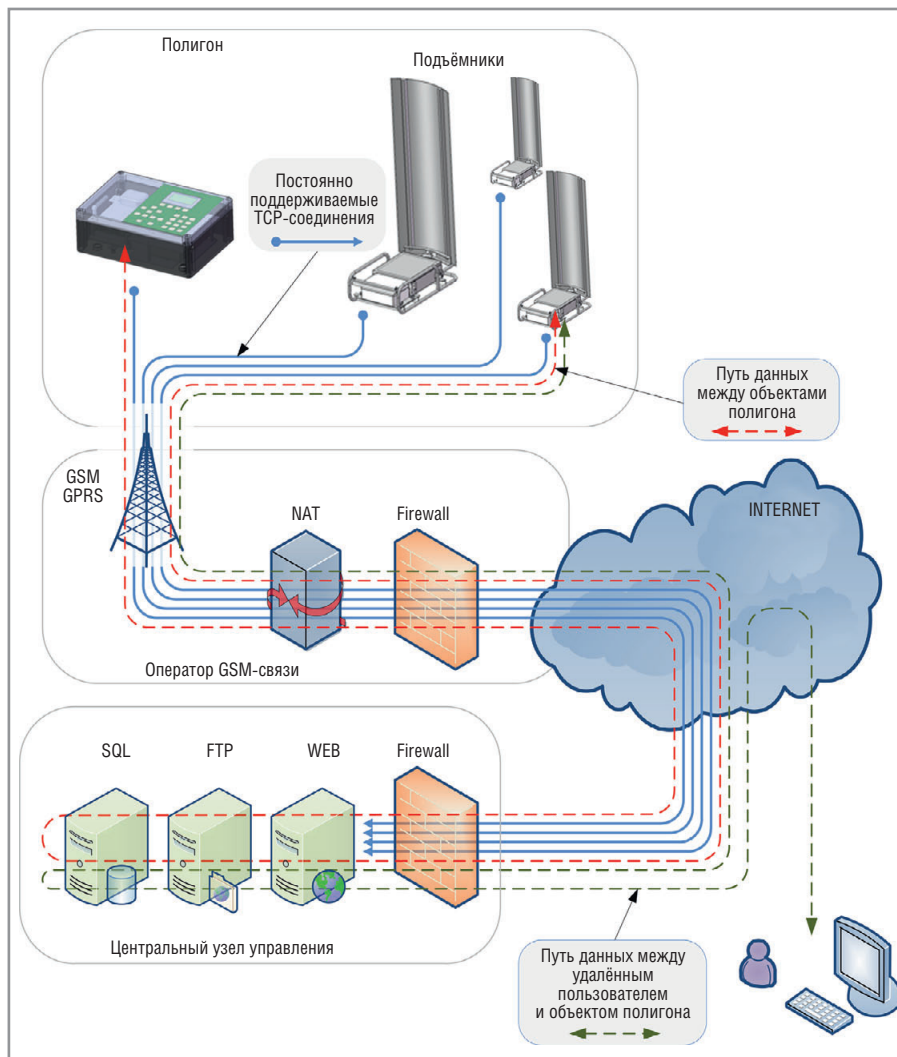


Рис. 3. Система управления полигоном

включая офис технической поддержки разработчика и с мобильных пультов координаторов учений. Для полного использования своих возможностей высокотехнологичные подъёмники, рассчитанные на автономную работу в дневное и ночное время, оснащённые звуковыми и световыми системами имитации огня, с адаптерами автоматической системы определения координат попаданий и направлений обстрела, с возможностью подключения видеокамер и с модулями определения собственных координат требовали универсальных каналов связи.

Практика управления подъёмниками допускала некоторые задержки реакции на ручные команды, выдаваемые с пультов операторов. Такие команды, в основном, инициировали автоматические алгоритмы управления, реализованные в подъёмниках. При этом пульты и подъёмники соединялись через канал связи GPRS с центральным сервером приложений в офисе. Сервер приложений работал в режиме прослушивания запросов на

соединения TCP от объектов полигона. По требованию последних сервер открывал соединение и, согласно бизнес-логике приложения, обрабатывал команды, посылаемые объектами.

Определённые команды содержали данные, предназначенные для сохранения в базе данных на сервере, другие команды ретранслировались по определённому алгоритму на подключённые к серверу объекты. Таким образом, благодаря трансляции команд на сервере, пульты могли передавать команды подъёмникам, а подъёмники – передавать информацию пультам. Маршрутизация в этом случае осуществлялась специальным приложением. База данных на основе SQL-сервера работала в тесном взаимодействии с web-сервером, через который осуществлялся доступ из Интернета к информации о работе системы. Доступ к данным и функциям их анализа был сравнительно простым и универсальным для авторизированных пользователей, в частности, для администрации полигона. Он осуществлялся как посредством

web-браузеров, так и с помощью офисных программ, поддерживающих связь с удалёнными SQL-серверами.

После того как мобильные объекты полигона (пульта и подъёмники) устанавливали TCP-соединение с сервером, они не разрывали его в течение всей работы и, таким образом, создавали симметричный канал обмена асинхронными сообщениями по схеме запрос-ответ.

Чтобы определить задержку передачи команд, обусловленную Интернетом, были проведены замеры по месту установки системы, которые проводились в течение 2 суток с интервалом 1 мин на шести объектах, оснащённых модемами GPRS. Результаты распределения задержек показаны на рисунке 4. В сумме было передано 14 073 пакета, из них 27 пакетов было доставлено с задержкой более 5 с.

Мобильные объекты полигона (пульта и подъёмники) имели возможность обновлять собственное программное обеспечение путём скачивания с внешних FTP-серверов, а также сохраняли возможность управления посредством SMS. При этом все действия объектов стартовали по команде, пересылаемой через основное TCP-соединение с сервером.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЧАСТНЫЕ СЕТИ

Приведённая выше схема с использованием сервера удобна при разработке специализированных приложений с большим бюджетом. Однако при необходимости организации доступа к одному или нескольким устройствам стоимость такого решения становится сдерживающим фактором, поскольку необходимо приобрести стандартный пакет серверного ПО (web-, SQL-, FTP-сервер, почтовый сервер и т.д.) и специальный сервер приложений. Даже если применяется свободное серверное ПО, остаются расходы на его установку, конфигурирование, поддержание работоспособности и хостинг. Такое решение невозможно предложить частным клиентам ввиду необходимости квалифицированной технической поддержки.

Альтернативой является использование технологии виртуальных частных сетей (Virtual Private Network, VPN), которые нашли широкое применение на персональных компьютерах для преодоления проблем, связанных с NAT и межсетевыми экранами. По сути VPN является постоянным соединением

между компьютерами, через которое передаются пакеты всех других соединений, включая IP, TCP, UDP и др. Эта схема подобна тоннелю, которым является первоначально созданное соединение на основе протокола IP. Не имеет значения, какая сторона инициировала соединение, важно, что пакеты VPN свободно¹ пропускают серверы NAT и межсетевые экраны, не пытаясь их анализировать и модифицировать.

Технология VPN появилась сразу же, как появились серверы NAT и межсетевые экраны, и быстро стандартизировалась, и потому тоннели VPN приобрели специальные номера портов назначения в заголовках TCP и UDP, а также идентификаторы в заголовке IP, что позволяет отличать их пакеты от пакетов остальных протоколов. Всё сетевое оборудование должно распознавать протоколы VPN, если оно соответствует рекомендациям IETF. Провайдеры мобильной связи в большинстве своём не блокируют протоколы VPN, следуя правилам остальных сетей, поскольку в противном случае они могут потерять значительную часть трафика.

Хотя преимущества виртуальных частных сетей известны, приведём их ещё раз:

- узлы виртуальной частной сети не нуждаются в публичных IP-адресах;
- внутри виртуальной частной сети открыты все порты TCP и UDP и доступны любые конфигурации подключений между узлами;
- первичное подключение IP, через которое осуществляется туннелирование, применяет шифрование данных, защищая пакеты от несанкционированного просмотра и модификации.

Протокол туннелирования PPTP

В настоящее время применяется несколько протоколов VPN. Самые известные из них обозначают аббревиатурами PPTP (point-to-point tunneling protocol) и L2TP (Layer 2 Tunnelling Protocol). Это два конкурирующих протокола различаются механизмами работы. Протокол PPTP возник несколько раньше и поэтому чаще встречается на старом или давно выпускаемом оборудовании. Далее мы будем рассматривать только протокол PPTP из-за характеристик, делающих его привлекательным для использования во встраиваемых устройствах.

Во-первых, протокол PPTP реализует повторное использование протокола

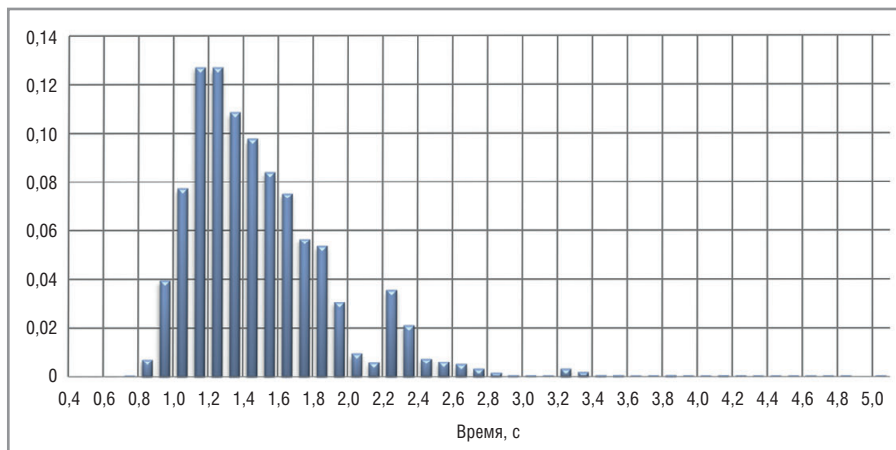


Рис. 4. Нормированная гистограмма распределения времени прохождения пакетов между объектами в системе «Полигон»

PPP, который является первичным протоколом при «общении» с модемами GPRS. *Во-вторых*, протокол PPTP поддерживают все ПК с операционной системой Windows, начиная с Windows 95. Единственно доступное VPN-подключение в операционных системах Windows XP класса Home edition выполняется именно по протоколу PPTP. *В-третьих*, протокол PPTP использует очень быстрый алгоритм шифрования RC4, который в 3–7 раз быстрее алгоритмов, применяющихся в протоколе L2TP (DES3, AES), включая аутентификацию. Скорость и простота – важные факторы во встраиваемых системах.

На рисунке 5 представлены форматы пакетов протокола PPTP, который использует IP-пакеты для организации двух каналов транспортного уровня: одного канала TCP для управления тоннелем и одного канала GRE для передачи данных туннелируемых протоколов. GRE (Generic Routing Encapsulation, общая инкапсуляция маршрутов) – это протокол туннелирования, разработанный для инкапсуляции пакетов сетевого уровня. В случае с PPTP – это пакеты протокола PPP.

Сначала протокол PPTP устанавливает с удалённой стороной соединение TCP, через которое «договаривается» о параметрах тоннеля; после достижения договорённости начинают передаваться пакеты GRE, которые, в свою очередь, транспортируют пакеты PPP. С помощью последних внутри тоннеля организуется сетевое соединение по какому-либо сетевому протоколу поверх PPP. Схема достаточно сложная, учитывая, что между PPP и переносимыми им пакетами может присутствовать «прослойка» протокола

MPPE, отвечающего за шифрование данных. Тем не менее, дополнительный объём заголовков, добавляемый протоколом PPTP к первичному IP-потоку данных, не превышает 36 байт, что составляет 2,5% максимального объёма пакета IP (1500 байт). Если посмотреть на типичный пакет данных, отправляемый на web-сервер через модем GPRS с помощью тоннеля PPTP, мы увидим следующую цепочку вложенных заголовков: PPP → IP → GRE → PPP → MPPE → IP → TCP → HTTP → данные. Как правило, всё, что следует после заголовка MPPE, зашифровано.

По умолчанию, на протяжении существования соединения PPTP, по управляющему каналу непрерывно (с периодичностью раз в минуту в конфигурации Windows) передаются эхо-запросы (56 байт), в ответ на которые противоположная сторона должна посылать эхо-ответы (60 байт). В результате создаётся дополнительный трафик объёмом около 5 Мб в месяц. Во встраиваемых устройствах с целью экономии интервал эхо-запросов можно увеличить. Протокол PPTP не обязывает использовать шифрование данных; его можно отключить и, таким образом, наблюдать за пакетами в тоннеле в процессе отладки.

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЧАСТНОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ВСТРАИВАЕМОЙ ПЛАТЫ ARMGeoSPYDER2

Для использования преимуществ VPN необходимо иметь модем GPRS или модуль, поддерживающий протоколы VPN. Модули GPRS с поддержкой VPN – большая редкость. В составе универсальных маршрутизаторов модемы

¹ Маршрутизаторы иногда фильтруют отдельные протоколы VPN. – Прим. ред.

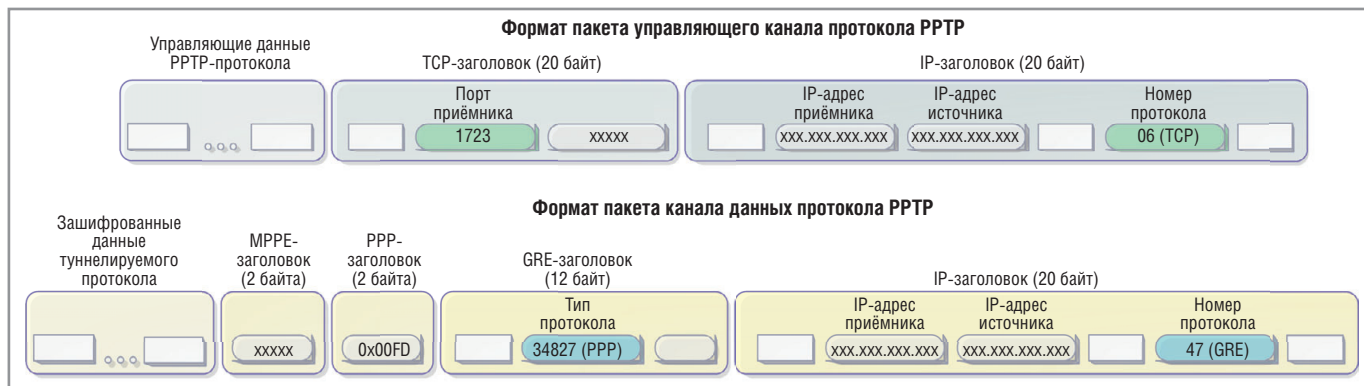


Рис. 5. Форматы пакетов протокола PPTP

GPRS можно найти в большом ассортименте. Однако в основном они плохо адаптированы для мобильных и встраиваемых применений ввиду большой потребляемой мощности, неадаптированного диапазона питающих напряжений, отсутствия интеграции с источниками резервного питания, гибкой политики экономии трафика, адаптации под меняющиеся сети операторов и работы в роуминге, а также неразвитой самодиагностики. Интернет-страница www.indemsys.ru предлагает для приобретения встраиваемые платы с модулями GPRS и готовые устройства, в значительной степени свободные от перечисленных выше недостатков.

На рисунке 6 изображена схема управления платой ARMGeoSpyder2 через Интернет. Плата установлена на мобильном объекте и выполняет ряд функций по управлению оборудованием, слежению за перемещениями транспортного средства и записью сигналов с бортового оборудования. Ключевое отличие этой схемы от схемы, представленной на рисунке 3, заключается в том, что не требуется создавать центральный узел управления с работающим приложением и несколькими специализированными серверами. Вместо этого необходим только компьютер или отдельный недорогой маршрутизатор, подключён-

ный к сети Интернет и имеющий открытый канал (порт 1723) для протокола PPTP. Например, в такой схеме можно применить обычный домашний компьютер или домашний маршрутизатор с выходом в Интернет через оптоволоконный, DSL, телефонный или другой кабель.

При подаче питания на плату ARMGeoSpyder2, встроенное ПО платы организует подключение GPRS по заданному публичному IP-адресу, который имеет компьютер или маршрутизатор пользователя. Задать или изменить адрес можно заблаговременно, пошлав плате конфигурационную команду по SMS. Если соединение установлено, то со стороны платы поступает запрос на установление PPTP-тоннеля. На стороне пользователя тоннель может устанавливаться ПО, установленное либо на компьютере, либо на маршрутизаторе. Стационарные маршрутизаторы, поддерживающие туннелирование по протоколу PPTP, доступны для приобретения. В процессе установления тоннеля PPTP плата ARMGeoSpyder2 авторизуется на стороне пользователя с использованием протокола MSCHAP-v2. Далее происходит согласование алгоритмов шифрования. Плата ARMGeoSpyder2 поддерживает шифрование по протоколу MPPE с длиной ключа до 128 бит и смену ключа при передаче каждого пакета.

Если подключение к Интернету с домашнего компьютера не обеспечивается постоянным IP-адресом, последний выделяется при каждом подключении. В нашем случае это не является проблемой, поскольку существуют бесплатные сервисы для связывания динамических IP-адресов с постоянными доменными именами, получаемыми на этих сервисах бесплатно. Такие сервисы называются динамическими серверами DNS. Домашние маршрутизаторы, поддерживающие

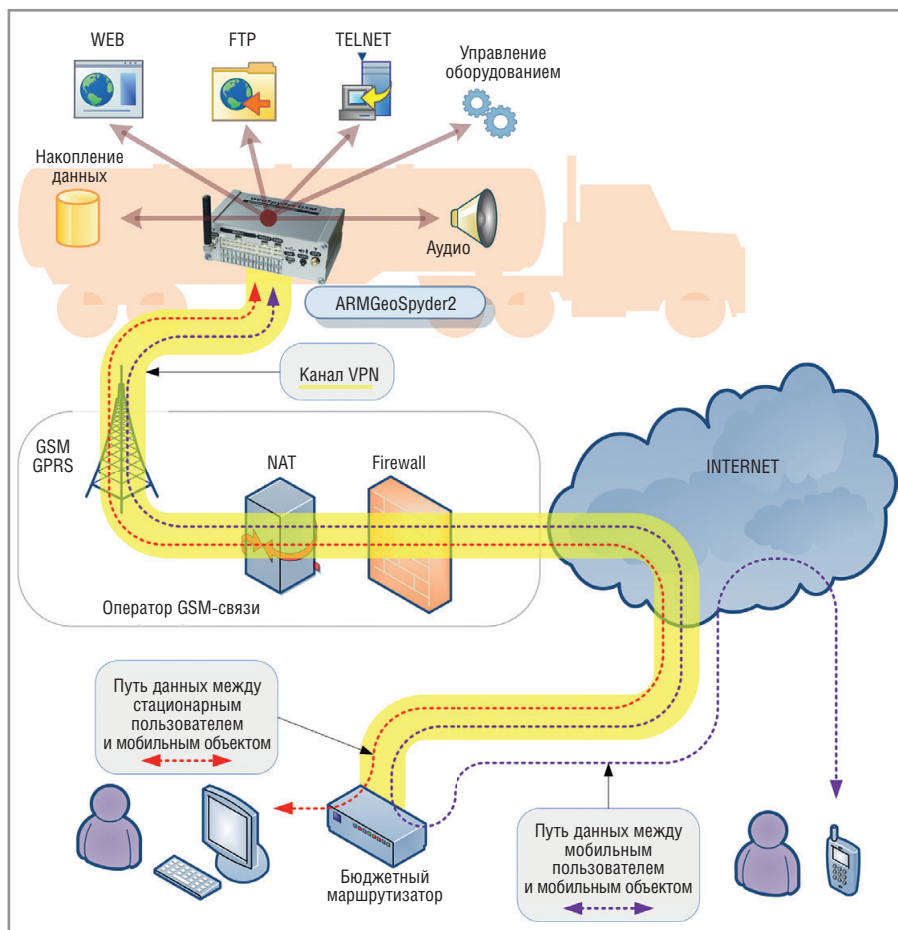


Рис. 6. Схема управления мобильным объектом с использованием VPN

VPN, обычно поддерживают и функцию взаимодействия с DDNS. Плата ARMGeoSpyder2 может устанавливать тоннель как по IP-адресу, так и по доменному имени.

После установления туннеля PPTP с платой ARMGeoSpyder2, в локальной сети пользователя появляется новый виртуальный локальный компьютер с частным IP-адресом. Этот адрес назначается плате ARMGeoSpyder2 из списка, который ранее пользователь ввёл для VPN-подключения на своём компьютере или на маршрутизаторе. Теперь пользователь с домашнего компьютера может свободно обращаться к web- и FTP-серверам на плате ARMGeoSpyder2, организовывать Telnet-подключения и мосты к портам RS232 платы через Интернет, чтобы управлять другим оборудованием на мобильном объекте. Плата ARMGeoSpyder2 позволяет одновременно управлять двумя портами RS232 через Интернет, причём в режиме Telnet-сессий, что удобно при использовании программ HyperTerminal и TeraTerm.


Для доступа к web-серверу платы ARMGeoSpyder2 из Интернета с других мобильных устройств, таких как смартфоны, планшеты и т.д., пользова-

телю на домашнем компьютере достаточно выполнить несложную конфигурацию по перенаправлению пакетов с определённого внешнего порта TCP компьютера или маршрутизатора на IP-адрес и номер порта web-сервера платы. Например, для работы с web-сервером платы можно указать, что с внешнего порта маршрутизатора с номером 8080 (поскольку порт 80 пользователь, возможно, захочет оставить за домашним web-сервером) данные должны передаваться на IP-адрес 192.168.1.100 и порт 80 во внутренней сети. Здесь предполагается, что адрес 192.168.1.100 выделен плате ARMGeoSpyder2, а порт 80 по умолчанию обслуживается web-сервером платы.

Даже если пользователь не имеет собственного постоянного выхода в Интернет либо свободный доступ в Интернет затруднён межсетевыми экранами, остаётся возможность аренды внешнего сервиса VPN в Интернет. Тогда за определённую плату и пользователь, и плата ARMGeoSpyder2 получают доступ по статическому публичному IP-адресу к арендованной VPN для организации беспрепятственной связи.


Таким образом, организация виртуальной частной сети с удалённым устройством по каналу GPRS позволяет перенести многие сервисы, в частности, web, FTP и Telnet, на само устройство, избавившись от выделенного сервера приложений в Интернете и связанных с ним расходов.

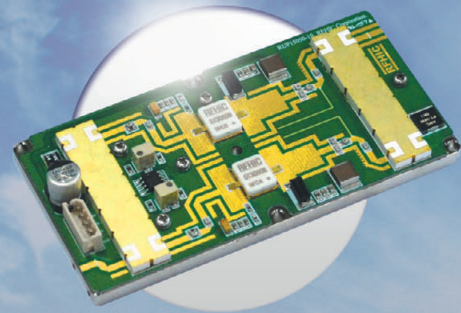
Устройством на мобильном объекте можно напрямую управлять через собственный встроенный web-сервер, как это делается в стационарных встраиваемых устройствах. Виртуальный канал расширяет возможности по выбору провайдеров связи GSM, не привязываясь к определённым планам и не приобретая специальные услуги по предоставлению публичных IP-адресов, и удешевляет работу в роуминге. Расширяются возможности резервирования каналов связи, поскольку удалённое устройство может «выбирать» среди многих VPN-подключений, уведомляя пользователей о смене подключения через SMS или e-mail. Кроме того, обмен данными между пользователями и удалёнными устройствами надёжно защищается от перехвата и модификации, что может иметь большое значение в транснациональных бизнес-процессах. ☺



RFHIC
www.rfhic.com

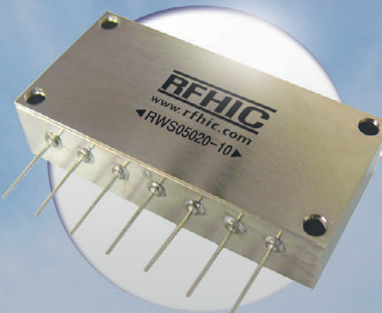
СВЧ ПРИЁМОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА





Усилители для РЛС:


- Широкий частотный диапазон: от 135 МГц до 9,5 ГГц
- Высокий уровень мощности
- Высокая эффективность
- Использование GaN-технологии
- Соответствие стандарту RoHS



Усилители для систем связи и широкополосные усилители:

- Широкий частотный диапазон: от 800 МГц до 2,8 ГГц
- Высокий уровень мощности
- Высокая эффективность
- Использование GaN-технологии
- Соответствие стандарту RoHS

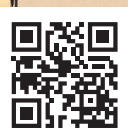
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ RFHIC В РОССИИ



PROSOFT
COMPONENTS

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Тел.: (495) 232-2522 • Факс: (495) 234-0640 • info@prochip.ru • www.prochip.ru



Реклама

Особенности аналоговых интерфейсов датчиков

Часть 1

Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов (г. Минск, Беларусь), Николай Прокопенко (г. Шахты, Ростовская обл.)

В статье сформулированы основные требования к микроэлектронным интерфейсам датчиков, приведены схемотехнические решения и параметры серийно выпускаемых ИС для обработки сигналов датчиков.

ВВЕДЕНИЕ

По оценкам специалистов, одним из приоритетных направлений развития аналоговых ИС является разработка и серийное изготовление специализированных ИС для электронных преобразователей физических величин и средств измерений на основе:

- фотоприёмников импульсного оптического излучения;
- детекторов частиц и ионизирующих излучений;
- чувствительных элементов ёмкостного, пьезоэлектрического и резистивного типов.

Рыночная ниша для такой продукции имеется в космическом приборостроении, ядерной электронике, медицинской технике и аппаратуре для мониторинга окружающей среды [1]. Актуальность создания микроэлектронных интерфейсов датчиков стимулировала проведение работ по проектированию, изготовлению и испытаниям специализированных аналоговых ИС, в том числе радиационно-стойких, для датчиков различных типов [1–5].

Целью настоящей статьи является формулирование основных требова-

ний к микроэлектронным интерфейсам датчиков, изучение особенностей схемотехнических решений и параметров серийно выпускаемых ИС для обработки сигналов датчиков.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕРФЕЙСАМ ДАТЧИКОВ

В действующих ГОСТ [6, 7] и научно-технических документах по метрологии [8, 9] некоторые термины и определения, касающиеся датчиков и их параметров, в той или иной степени отличаются. В основном нормативном документе РМГ 29-99 [9] датчиком называют конструктивно обособленный первичный измерительный преобразователь, от которого поступают сигналы измерительной информации.

Необходимо различать термины «датчик» и «чувствительный элемент», под которым понимают часть измерительного преобразователя, воспринимающую входную величину [9]. В зарубежной литературе обычно датчик и чувствительный элемент обозначают одним термином *sensor*, а отсутствие в чувствительном элементе выходного электрического сигнала уточняют указанием на:

- вид изменяемого электрического параметра (*capacitive sensor* – чувствительный элемент, в котором под действием внешнего воздействия изменяется ёмкость; *resistive sensor* – чувствительный элемент с изменением сопротивления при внешнем воздействии);
- отсутствие источника смещения/питания (*unbiased capacitive sensor* – ёмкостный чувствительный элемент без источника смещения/питания). Для упрощения понимания структурных и электрических схем зару-

бежных интерфейсов далее будут использоваться наиболее употребляемые в зарубежной научно-технической информации термины, в том числе [10, 11]:

- пассивный датчик – датчик, который не нуждается в дополнительном источнике энергии; он преобразует энергию внешнего сигнала в выходной сигнал (термопары, фотодиоды, пьезоэлектрические чувствительные элементы);
- активный (параметрический) датчик – датчик, для работы которого требуется внешняя энергия, называемая сигналом возбуждения (*drive signal*);
- датчик с выходным сигналом в виде напряжения (*Voltage Sensor*), тока (*Current Sensor*) или заряда (*Charge Sensor*);
- чувствительные элементы, в которых внешнее воздействие изменяет электрическую ёмкость (*Capacitive Sensor*) или сопротивление (*Resistive Sensor*).

Основные параметры датчиков описываются передаточной функцией (см. рис. 1), которая устанавливает взаимосвязь $S = f(s)$ между выходным электрическим сигналом (S) и внешним воздействием (s). Эта функция может быть как линейной, так и нелинейной. Одномерную линейную функцию (связывающую выходной сигнал только с одним внешним воздействием) можно представить в виде [10]:

$$S = a + bs, \quad (1)$$

где a – постоянная составляющая, b – наклон (чувствительность), S – характеристика электрического сигнала (напряжения, тока, заряда), которую системы сбора данных воспринимают в качестве выходного сигнала датчика (амплитуда, частота, фаза).

Передаточная функция также описывает параметры чувствительных элементов при наличии сигнала возбуждения, например, выходной сигнал



Рис. 1. Передаточная функция датчика

мостовой схемы, в плечах которой включены чувствительные резистивные или ёмкостные элементы. По передаточной функции можно определить [10, 11]:

- постоянный уровень выходного сигнала (Offset);
- диапазон выходных значений (Full Span Output, FSO) – разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальном и минимальном внешнем воздействии;
- полный диапазон выходных значений (Full Scale, FS), $FS = Offset + FSO$;
- диапазон измеряемых значений (S_{max}) – максимально возможное значение входного сигнала, которое датчик может преобразовать в электрический сигнал, не выходя за пределы допустимой погрешности.

В большинстве радиоэлектронных систем (см. рис. 2) сигналы датчиков оцифровывают с помощью аналого-цифровых преобразователей (analog-digital converter, ADC). Однако между датчиком и аналого-цифровым преобразователем (АЦП) всегда включают специальную схему, т.н. аналоговый интерфейс, к которой предъявляют ряд требований [10, 12]:

- осуществление защиты входа от перегрузки;
- обнаружение неисправности датчика;
- выполнение усиления (amplification) и сдвига постоянного уровня выходного напряжения для согласования диапазона выходных значений датчика FSO с диапазоном входного напряжения АЦП;
- линейаризация (linearization) передаточной характеристики датчика, т.е. обеспечение постоянной чувствительности системы датчик – интерфейс в требуемом диапазоне входных воздействий;
- компенсация (compensation) температурного изменения основных характеристик системы датчик – интерфейс, в том числе, постоянного уровня выходного напряжения, чувствительности и диапазона выходных значений;
- ограничение полосы пропускания (bandwidth limiting) с помощью фильтра нижних частот (low-pass filter, LPF).

Ограничение полосы пропускания применяется, с одной стороны, чтобы улучшить отношение сигнал/шум, а с другой стороны, чтобы уменьшить ис-

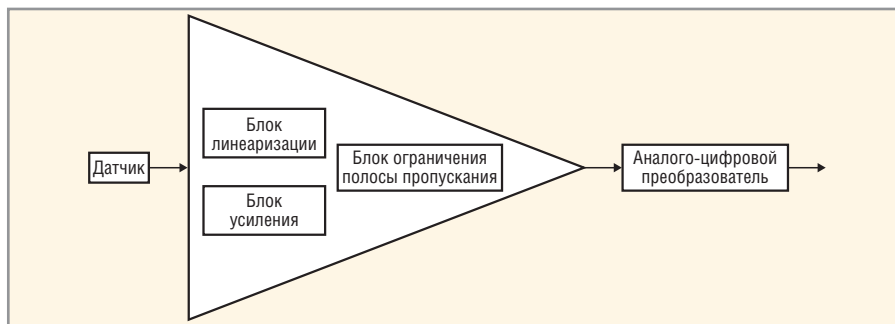


Рис. 2. Структурная схема канала обработки сигналов датчиков

кажения сигнала в том случае, когда частота выходного сигнала интерфейса превышает половину частоты дискретизации АЦП.

Заметим, что линейаризацию передаточной функции датчика часто осуществляют после преобразования сигнала в цифровую форму, хотя её выполнение затрудняет наличие у некоторых датчиков гистерезиса (различия значений выходного сигнала для одного и того же входного сигнала, полученного при его возрастании и убывании) и технологического разброса параметров. Температурную компенсацию также можно выполнять при цифровой обработке, однако её реализация возможна и за счёт изменения сигнала возбуждения или подстройки выходного сигнала датчика.

ОСОБЕННОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ К УДАЛЁННЫМ ДАТЧИКАМ

Обычно при работе с удалёнными датчиками основное внимание уделя-

ют уменьшению влияния синфазных помех, для чего интерфейс выполняют с дифференциальным входом и высоким коэффициентом ослабления синфазного сигнала (КОСС). В то же время, крайне необходимы правильная топология шин нулевого потенциала (заземления) и обеспечение защиты входа от перегрузки напряжением, возникающей при электростатическом разряде (Electro-Static Discharge, ESD), электромагнитных помехах (Electromagnetic Interference, EMI) и/или повреждении датчика [13].

На рисунке 3 показаны предпочтительные схемы включения удалённого датчика, обозначенного как источник сигнала V_s , в случае заземлённого (отрицательный вывод источника сигнала соединён с «землёй» датчика на рисунке 3а) и «плавающего» (оба вывода источника сигнала не соединены с его «землёй» на рисунке 3б) источника сигнала [13]. Эти схемы подключения, совместно с дифференциальными или инструментальными усилителями,

СПЕКТР

Тел.: +7 (495) 220-6493, 8 (960) 276-2841
Факс: +7 (812) 333-2755 (авт.)
info@spectr-pcb.ru • www.spectr-pcb.ru

МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Реклама

Компания СПЕКТР предлагает услуги по изготовлению и монтажу печатных плат. Срочное изготовление опытных образцов. Выполнение заказов любого объема.

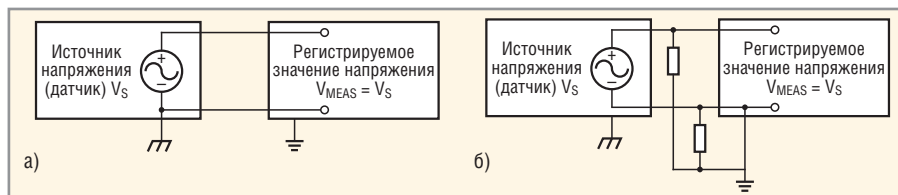


Рис. 3. Рекомендуемые схемы заземления удалённых датчиков

а – с «заземлённым» датчиком; б – с «плавающим» датчиком

обеспечивают двухпроводные дифференциальные измерения. При дифференциальных измерениях необходимо, чтобы уровень синфазного напряжения источника сигнала не превышал максимально допустимый уровень входного напряжения усилителей. Как показано на рисунке 3б, введение дополнительных резисторов позволяет установить известный уровень синфазного напряжения, причём резисторы не влияют на величину полезного сигнала, если их сопротивление достаточно велико.

Как правило, при работе с удалёнными датчиками на печатных платах интерфейсов устанавливают входные фильтры, которые одновременно осуществляют защиту от EMI/ESD и уменьшают уровень синфазных наводок (см. рис. 4).

Обычно входные фильтры выполняют на ферритовых кольцах, проходных конденсаторах (C_4 , C_5 на рисунке 4), пассивных RC-фильтрах (R_1C_1 и R_2C_2), ограничителях переходного напряжения (transient voltage suppressor, TVS), в том числе, на стабилитронах (D_1 , D_2). Только стабилитроны ограничивают входное напряжение ИС на безопасном уровне, остальные элементы ограничивают скорость изменения напряжения. Хотя TVS-приборы подобны стабилитронам, они предназначены для быстрого включения и рассеивания энергии импульса напряжения малой длительности и большой величины. Стабилитроны, напротив, предназначены для ограничения установившегося напряжения, поэтому во многих случаях применяется комбинация защитных элементов. При выборе элементов R_1C_1 и R_2C_2 необходимо учитывать, что они образуют подавляющий наводки фильтр нижних частот (ФНЧ), полоса пропускания которого по синфазному f_{CM-3dB} и дифференциальному f_{-3dB} сигналам составляет [13]:

$$f_{CM-3dB} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1},$$

$$f_{CM-3dB} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}, \quad (2)$$

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi(R_1 + R_2) \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 \right)}. \quad (3)$$

Элементы R_1 , R_2 и C_1 , C_2 должны иметь максимально идентичные номиналы. Рекомендуется, чтобы сопротивление резисторов отличалось не более чем на 1%, а ёмкость конденсаторов – на 5%. Конденсатор C_3 не только образует ФНЧ для дифференциального сигнала, но и уменьшает влияние неидентичности отношений R_1/C_1 и R_2/C_2 на КОСС, что является крайне важным при дифференциальном включении датчика, т.к. различие отношений R_1/C_1 и R_2/C_2 приводит к ухудшению КОСС на переменном токе.

ИНТЕРФЕЙСЫ ДАТЧИКОВ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

В настоящее время наибольшее применение находят датчики с выходным сигналом в виде напряжения, тока или заряда, а также ёмкостные и резистивные чувствительные элементы.

Обработка сигналов указанных устройств осуществляется с помощью схем на основе операционных усилителей (ОУ) [11], в том числе:

- для датчиков с выходным сигналом в виде напряжения – инвертирующими и неинвертирующими усилителями напряжения, повторителями напряжения с большим входным сопротивлением, дифференциальными и инструментальными усилителями, усилителями с изменяемым коэффициентом передачи;
- для датчиков с выходным токовым сигналом – трансимпедансными и логарифмирующими усилителями;
- для датчиков с выходным зарядовым сигналом – усилителями напряжения и заряда;
- для ёмкостных чувствительных элементов – преобразователями ёмкости в частоту колебаний или длитель-

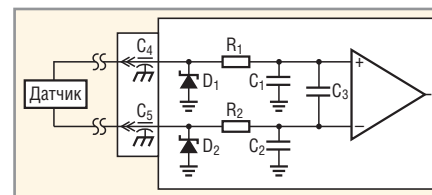


Рис. 4. Схема включения удалённого датчика с защитными элементами

ность фронта/спада сигнала в напряжение, интеграторами тока;

- для резистивных чувствительных элементов – преобразователями сопротивления в напряжение, ток, частоту колебаний или длительность фронта/спада.

Чаще всего применяются мостовые схемы включения для преобразования изменяемого параметра чувствительных ёмкостных и резистивных элементов в напряжение, а также трансимпедансные и дифференциальные (инструментальные) усилители напряжения. При этом существенное улучшение параметров аналоговых интерфейсов датчиков достигается за счёт включения цифровых потенциометров [14, 15]. Ниже приведены упрощённые схемы интерфейсов на ОУ и полные схемы, содержащие цифровые потенциометры.

Так, в трансимпедансном усилителе для фотодиодов (см. рис. 5) один из цифровых потенциометров обеспечивает подстройку в широком диапазоне коэффициента преобразования тока в напряжение, а второй – высокоточную установку нулевого уровня постоянного выходного напряжения. Два цифровых потенциометра применяются для подстройки нулевого выходного уровня и диапазона выходных значений в датчике давления, показанном на рисунке 6, и датчике температуры с платиновым терморезистивным элементом (platinum resistance temperature detector, PRTD) на рисунке 7.

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Особенностью пьезоэлектрических чувствительных элементов является то, что они генерируют заряд под действием механического напряжения, но чувствительны только к изменению усилий, а не к их постоянному уровню, т.е. пьезоэлектрические чувствительные элементы – это устройства переменного, а не постоянного тока [10, 16].

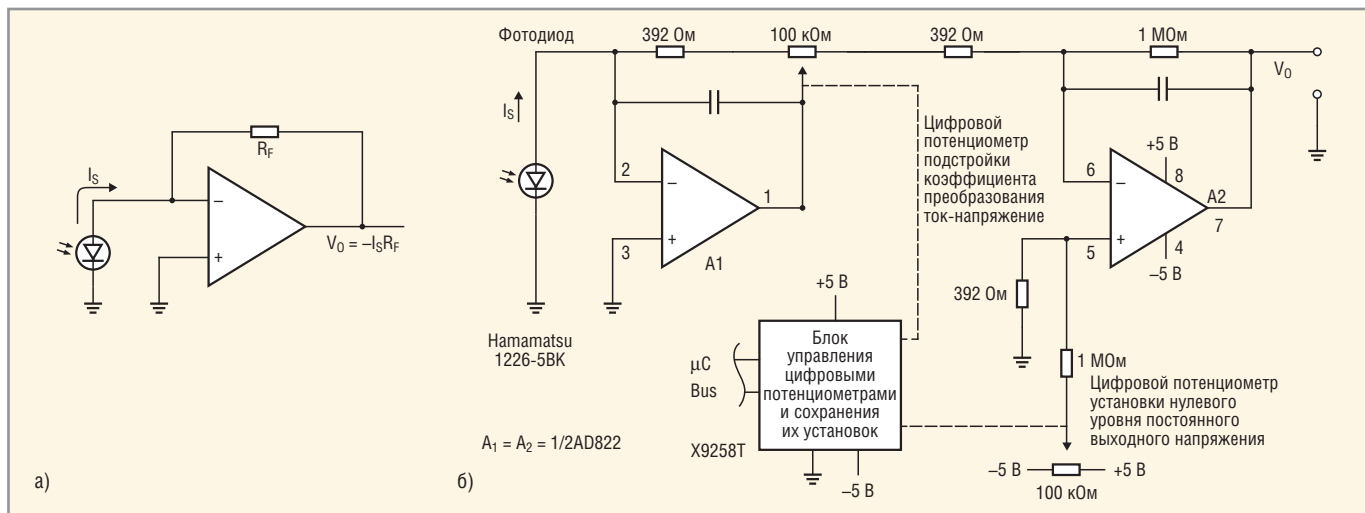


Рис. 5. Схема подключения фотозлектрического датчика
 а – упрощённая; б – с использованием цифровых потенциометров

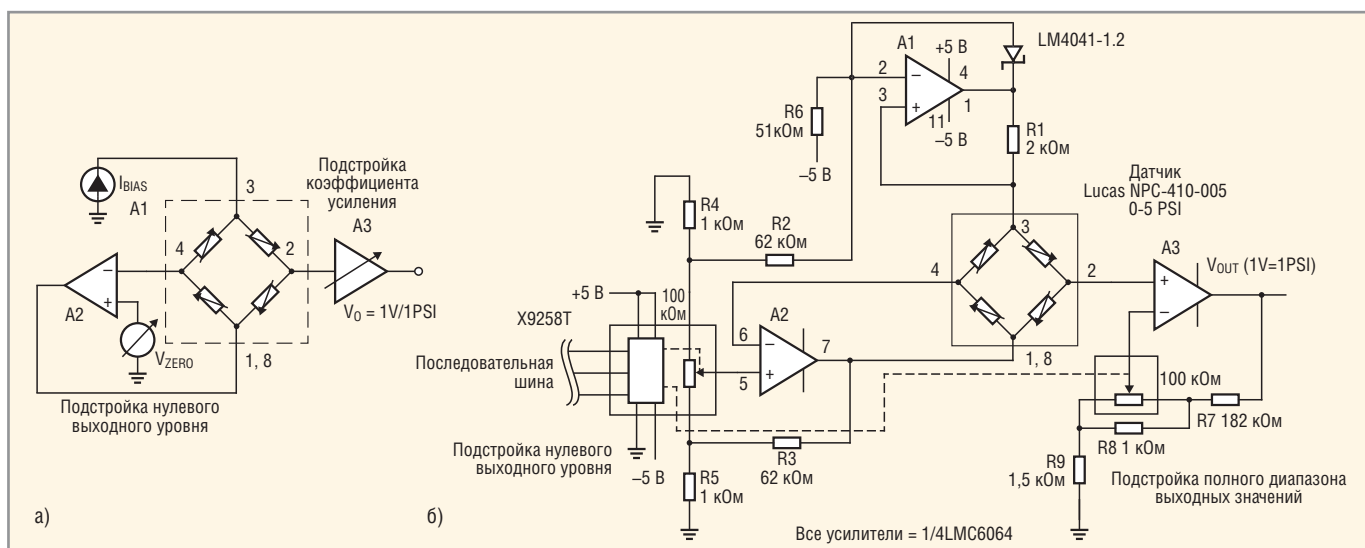


Рис. 6. Схема подключения датчика давления
 а – упрощённая; б – с использованием цифровых потенциометров

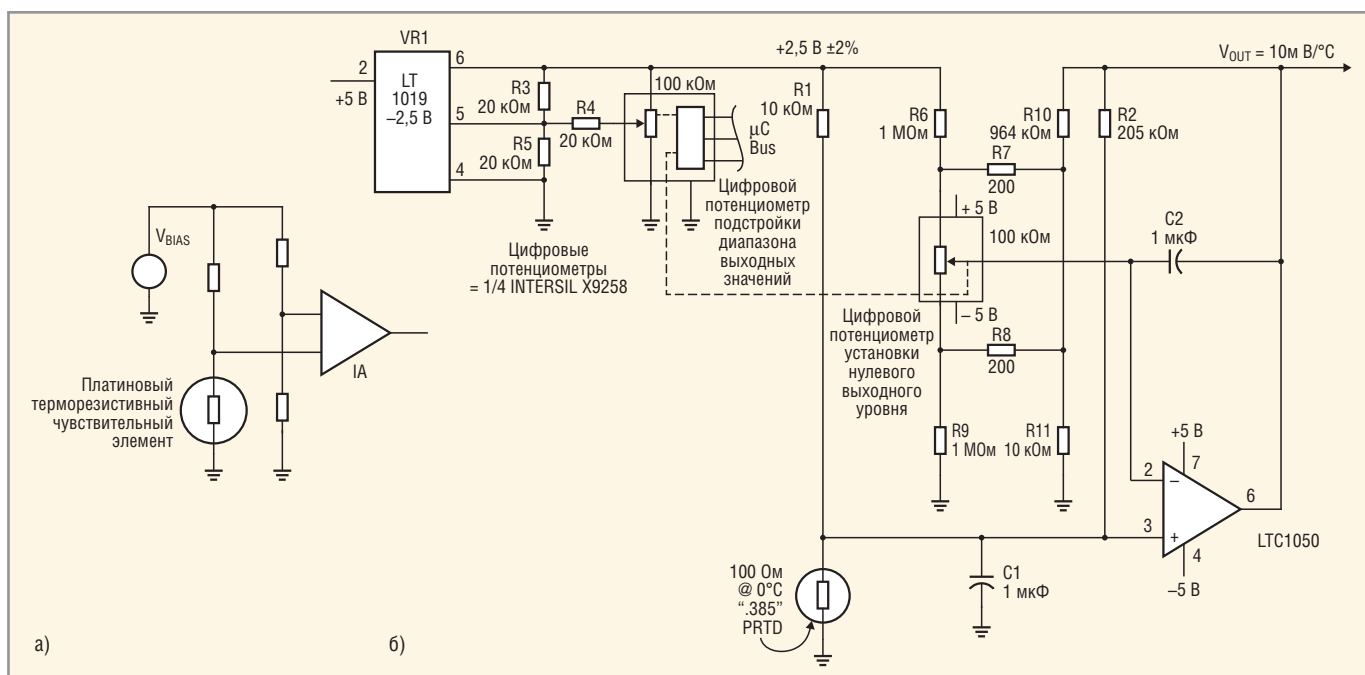


Рис. 7. Схема подключения платинового терморезистивного чувствительного элемента
 а – упрощённая; б – с использованием цифровых потенциометров

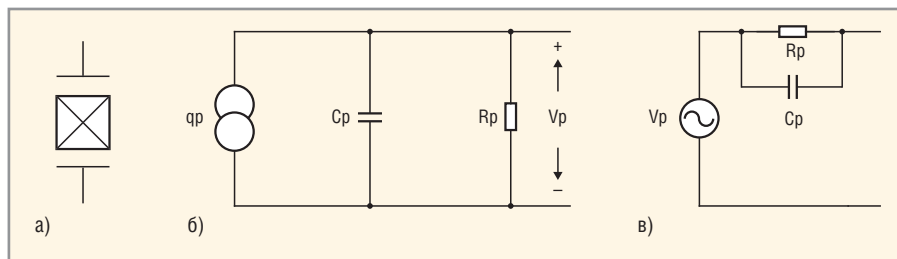


Рис. 8. Пьезоэлектрический чувствительный элемент

а) условное графическое обозначение; б) модель с источником заряда; в) модель с источником напряжения

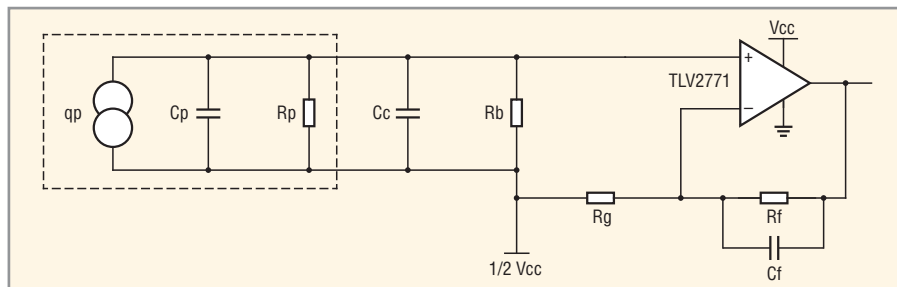


Рис. 9. Обработка сигнала пьезоэлектрического чувствительного элемента с помощью усилителя напряжения

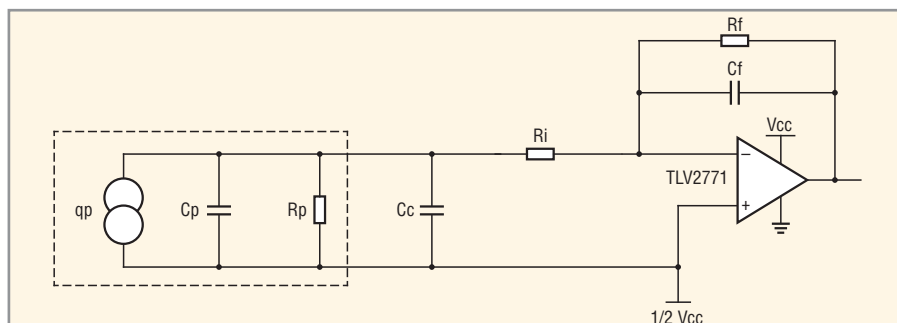


Рис. 10. Обработка сигнала пьезоэлектрического чувствительного элемента с помощью ЗЧУ

При схемотехническом моделировании пьезоэлектрический чувствительный элемент (см. рис. 8а) обычно представляют в виде источника заряда Q_p (см. рис. 8б) с параллельно соединёнными конденсатором C_p и резистором R_p или в виде источника переменного напряжения V_p с последовательно подключенной к нему цепочкой $C_p \parallel R_p$ (см. рис. 8в). Величина генерируемого чувствительным элементом заряда зависит от пьезоэлектрической постоянной, ёмкость C_p определяется площадью электродов, толщиной кристалла и диэлектрической постоянной материала, а R_p характеризует ток утечки, приводящий к нейтрализации статического заряда [10].

Обработку сигнала обычно выполняют с помощью усилителя напряжения, когда пьезоэлектрический чувствительный элемент расположен очень близко от усилителя, или зарядочувствительного усилителя (ЗЧУ) при удалённом чувствительном элементе.

При использовании усилителя напряжения (см. рис. 9) генерируемый заряд интегрируется на ёмкости чувствительного элемента и суммарной ёмкости (C_c) соединительных кабелей и паразитной ёмкости монтажа. Таким образом, заряд пьезоэлектрического элемента преобразуется во входное напряжение, которое усиливается в K_V раз ОУ с замкнутой цепью отрицательной обратной связи (ООС). Резистор R_B образует цепь для протекания постоянного входного тока ОУ, а конденсатор C_F обеспечивает спад АЧХ на требуемой частоте. Величину R_p обычно выбирают максимально возможной, с учётом того, что падение напряжения на R_B , создаваемое входным током ОУ, усиливается в K_V раз и уменьшает динамический диапазон выходного напряжения.

Работу усилителя напряжения, приведённого на рисунке 9, описывают соотношения:

$$V_{OUT} = \frac{V_{CC}}{2} + \frac{Q_p}{C_p + C_c} \left(1 + \frac{R_F}{R_G} \right), \quad (4)$$

$$K_V = \left(1 + \frac{R_F}{R_G} \right), \quad (5)$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi(R_p \parallel R_B)(C_p \parallel C_c)}, \quad (6)$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_F C_F}, \quad (7)$$

где V_{OUT} – выходное напряжение, V_{CC} – напряжение источника питания, R_F, R_G, R_B – сопротивления резисторов на рисунке 9, K_V – коэффициент усиления напряжения ОУ с замкнутой ООС, f_L, f_H – частота среза АЧХ в области нижних и верхних частот.

Такая схема включения очень чувствительна к величине паразитной ёмкости монтажа и соединительных кабелей. Обработку сигнала с помощью ЗЧУ поясняет рисунок 10. Действие ООС операционного усилителя приводит к равенству потенциалов на его входах, при этом ёмкости C_p, C_c не перезаряжаются, а весь заряд, генерируемый чувствительным элементом, заряжает ёмкость C_F и вызывает появление импульса напряжения на выходе ЗЧУ. Резистор R_F образует цепь для протекания постоянного входного тока ОУ, а также восстанавливает начальный уровень выходного напряжения после завершения интегрирования входного заряда, R_i защищает вход при воздействии перегрузки. Основные параметры ЗЧУ определяются как:

$$V_{OUT} = \frac{V_{CC}}{2} - \frac{Q_p}{C_F}, \quad (8)$$

$$K_{QV} = -\frac{1}{C_F}, \quad (9)$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_i (C_p + C_c)}, \quad (10)$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_F C_F}, \quad (11)$$

где K_{QV} – коэффициент преобразования входного заряда в выходное напряжение.

Основным преимуществом схемы включения пьезоэлектрического чувствительного элемента, показанной на рисунке 10, является независимость выходного напряжения от величины паразитной ёмкости монтажа и соединительных кабелей.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МИКРОСХЕМЫ ИНТЕРФЕЙСОВ

Несмотря на то что устройства обработки сигналов на основе ОУ не вы-

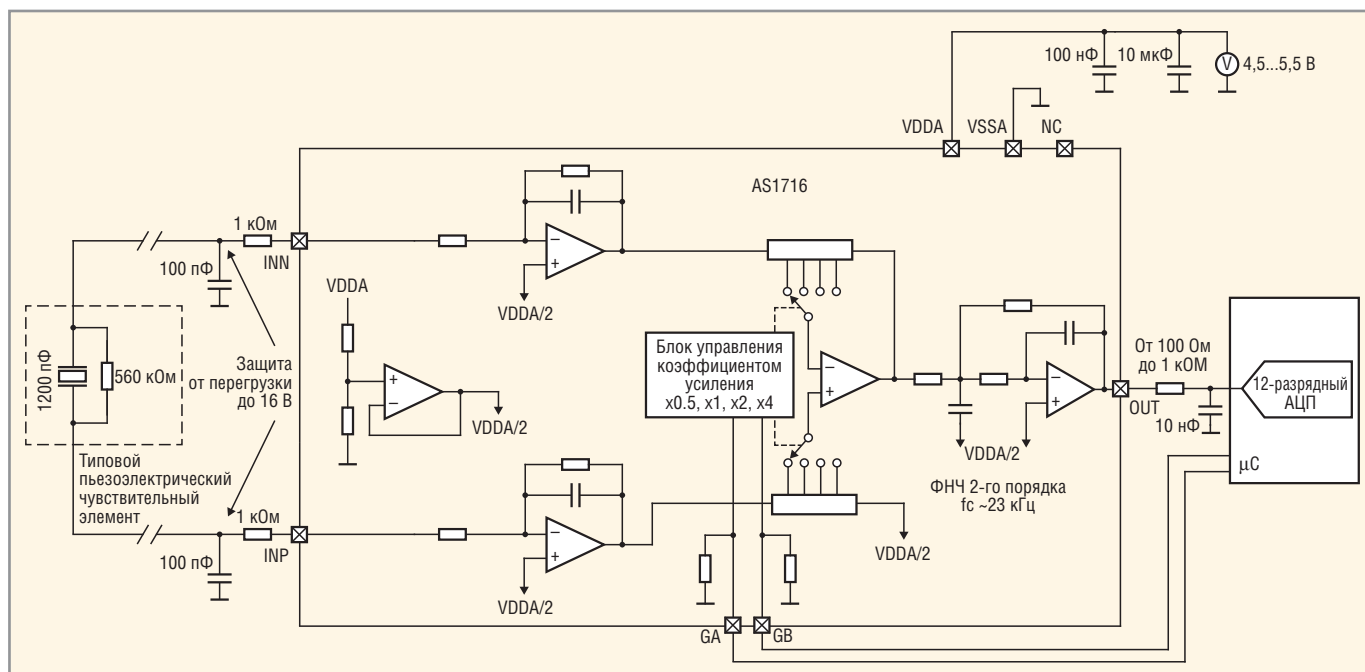


Рис. 11. Упрощённая схема ИС AS1716 и схема её подключения

зывают проблем у разработчиков, для уменьшения массогабаритных параметров и энергопотребления радиоэлектронных систем в ряде случаев целесообразно использовать специализированные микросхемы интерфейсов, рассмотренные ниже.

ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ЁМКОСТНОГО ДАТЧИКА AS1716

Микросхема AS1716 [17] (см. рис. 11) выполняет функцию аналогового интерфейса между ёмкостным чувствительным элементом и АЦП с устройством выборки-хранения на входе.

Микросхема AS1716 содержит:

- дифференциальный входной каскад, состоящий из двух ФНЧ первого порядка. На выводы микросхемы INN и INP через внутренние резисторы с сопротивлением около 50 кОм поступает напряжение, равное $V_{DDA}/2$, для питания чувствительного элемента (внешние резисторы с сопротивлением 1 кОм и конденсаторы ёмкостью 100 пФ осуществляют защиту входного каскада от напряжения перегрузки до 16 В);
- каскад преобразования дифференциального сигнала в однофазный;
- усилитель с программируемым коэффициентом передачи, выбираемым из ряда значений: 0,5; 1; 2 и 4 В/В;
- ФНЧ второго порядка с полосой пропускания от 16 до 29 кГц.

Микросхема ориентирована на обработку сигналов пьезоэлектрических

чувствительных элементов, которые генерируют напряжение при механических ударах и характеризуются следующими типовыми параметрами: эквивалентное сопротивление датчика от 0,5 до 1 МОм, эквивалентная ёмкость от 0,9 до 1,5 нФ.

Преимуществами микросхемы AS1716 являются КОСС более 55 дБ и способность работы на нагрузку из последовательного соединения резистора с сопротивлением от 100 Ом до 1 кОм и конденсатора с ёмкостью до 10 нФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников О. Универсальная аналоговая микросхема для датчиков космической аппаратуры. Современная электроника. 2011. № 3. С. 56–65.
2. Прокопенко Н.Н. Элементная база радиационно-стойких информационно-измерительных систем. Шахты: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2011.
3. Дворников О.В. Влияние гамма-излучения на элементы аналоговых интегральных схем. Доклады БГУИР. 2012. № 3 (65). С. 56–62.
4. Дворников О.В. Обеспечение радиационной стойкости аналоговых интегральных схем. Доклады БГУИР. 2012. № 4 (66). С. 105–110.
5. Абрамов И.И. Проектирование аналоговых микросхем для прецизионных измерительных систем. Минск: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2006.
6. ГОСТ Р 51086-97. Датчики и преобразователи физических величин электронные. Термины и определения.

7. ГОСТ Р 8.673-2009. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения.

8. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины. НПО «Профессионал», 2010.

9. РМГ 29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

10. Фрайден Дж. Современные датчики: Справочник. Техносфера, 2005.

11. Blake K. Analog Sensor Conditioning Circuits – An Overview. Microchip Technology Inc. AN990.

12. Falk A. Low-Power Signal Conditioning for a Pressure Sensor. Texas Instruments, Application Report SLAA034, 1998.

13. Lepkowski J. Temperature Measurement Circuits for Embedded Applications. Microchip Technology Inc. AN929.

14. Ридико Л. Цифровые потенциометры. Компоненты и технологии. 2001. № 5. С. 50.

15. Woodward S. Sensor Circuits and Digitally Controlled Potentiometers. Intersil, Application Note 135 (<http://www.intersil.com/content/dam/Intersil/documents/an13/an135.pdf>).

16. Karcki J. Signal Conditioning Piezoelectric Sensors. Texas Instruments, Application Report. SLOA033A, 2000.

17. AS1716. Capacitive Sensor Interface (www.austriamicrosystems.com/Capacitive-Sensors/AS1716).

Тиристорный регулятор скорости вращения коллекторных двигателей постоянного тока

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье описана простая схема тиристорного регулятора скорости вращения вала двигателя постоянного тока. Увеличение момента вращения вала в ответ на повышение момента сопротивления стабилизирует скорость вращения, что достигается автоматическим увеличением мощности, подаваемой на электродвигатель.

Во многих механизмах предпочтительной является средняя и даже низкая скорость вращения вала электродвигателя, т.к. при этом, во-первых, легче позиционировать исполнительный орган с необходимой точностью, во-вторых, проще контролировать сам процесс и, в-третьих, можно обойтись без механического редуктора.

Известно, что у коллекторных электродвигателей постоянного тока вращающий момент пропорционален напряжению, поданному на двигатель. Однако, чем больше это напряжение, тем выше скорость вращения вала двигателя. В металлообрабатывающих станках и некоторых других механизмах для сохранения высокого момента вращения вала применяют механические редукторы, реализованные на основе зубчатых или ременных передач. В простых механизмах для получения высокого момента вращения требуется увеличить напряжение, подаваемое на двигатель, что, в свою очередь, приводит к увеличению скорости вращения.

Поскольку момент сопротивления напрямую зависит, например, от диаметра сверла или захода резца, существ-

ует определённое противоречие: для точности позиционирования требуется пониженная скорость вращения дрели, а для использования сверла большого диаметра – увеличение скорости. Однако это противоречие можно разрешить простым и эффективным способом. Чтобы было понятно, о чём идет речь, необходимо рассмотреть регуляторы напряжения, подаваемого на электродвигатель.

Мощный линейный стабилизатор с возможностью регулирования выходного напряжения (см. рис. 1), схема которого описана в [1], был использован для регулирования скорости вращения вала электродрели постоянного тока D0600 фирмы DONAU мощностью около 40 Вт. Регулятор скорости состоит из сетевого трансформатора с выходным напряжением в 12...18 В, мостового выпрямителя (см. рис. 1а) и подключенного к нему линейного стабилизатора на базе мощного полевого транзистора (см. рис. 1б). Недостаток схемы заключается в том, что при установке даже средней скорости вращения дрель способна работать со сверлами диаметром не более 1,5 мм. При

использовании инструмента большего диаметра, на конечном этапе сверления дрель останавливается, и патрон приходится проворачивать вручную; при этом можно сломать сверло.

Существует другой принцип регулирования скорости вращения коллекторного электродвигателя постоянного тока, основанный на подаче пульсирующего напряжения, полученного с вторичной обмотки сетевого трансформатора (см. рис. 1а). Если это напряжение подать на двигатель через тиристор, фазой включения которого можно управлять, то из каждой полуволны синусоиды будет «вырезаться» определённая площадь, которой и будет пропорциональна скорость вращения дрели.

Тиристорные схемы регулирования скорости вращения вала электродвигателей достаточно распространены, хорошо известны и часто построены таким образом, что, наряду с регулировкой скорости, обеспечивают её стабилизацию при изменении момента сопротивления вращению вала. Как правило, для стабилизации скорости вращения используется два варианта схемы.

В первом варианте применяют включённый последовательно с тиристором низкоомный токоизмерительный резистор, напряжение на котором используют в обратной связи, заведённой на один из входов усилителя сравнения (или рассогласования), а ко второму входу этого усилителя подключают источник опорного напряжения. Выходное напряжение усилителя используют для управления фазой включения основного тиристора.

Второй вариант основан на измерении противоЭДС, которая пропорциональна скорости вращения вала. Если это напряжение сравнить с опорным и разницу использовать для определения фазы открытия тиристора, то таким способом можно стабилизировать скорость вращения вала электродвигателя.

По мнению автора, оба варианта достаточно сложны, громоздки и требуют много электронных компонентов.

Однажды, пытаясь сделать простейшую тиристорную схему регулирования

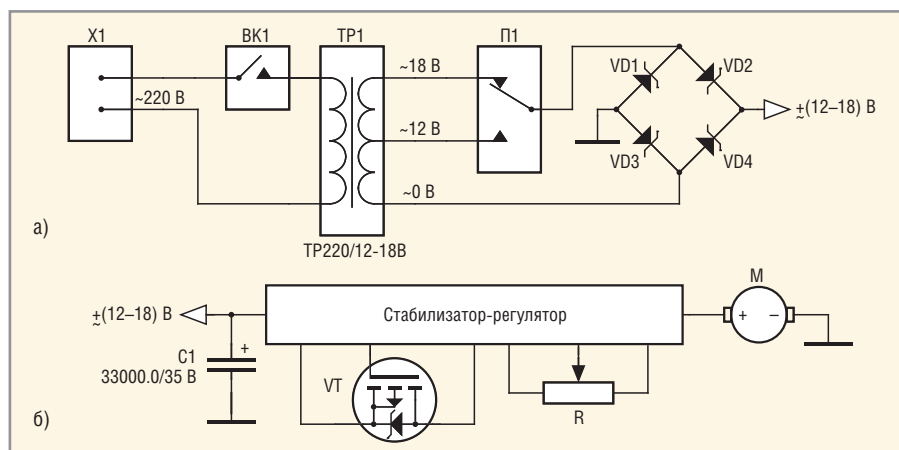


Рис. 1. Регулятор скорости вращения вала двигателя постоянного тока на основе линейного стабилизатора [1]

а – блок питания, б – линейный стабилизатор напряжения

ния скорости вращения вала электродвигателя, автор столкнулся с необычным эффектом, возникающим в этой схеме и стабилизирующим скорость вращения. Как известно, стандартная схема включения тиристора не отличается особой сложностью (см. рис. 2). Вместо выключателя BK1 автор установил транзистор VT1 (см. рис. 3), коллектор которого подключил к R1 (см. рис. 2), его роль на рисунке 3 играет R3, эмиттер VT1 подсоединил к управляющему электроду тиристора, а базу – к цепочке R2R1C1 (см. рис. 3), управляющей фазой включения тиристора.

Схема на рис. 3 была построена по аналогии с известной схемой компенсации наклона токоизмерительной характеристики, которая используется в современной ИС контроллера импульсного источника питания (ИИП) MIC3808 [4] (см. рис. 4). Как видно из рис. 3 и 4, в обеих схемах имеется RC-цепочка, но ни в одной из схем точка соединения резистора и конденсатора (R1 и C1) не используется для непосредственного управляющего воздействия на объект, а подключена к нему через транзистор. Этому есть две

причины. Во-первых, для включения тиристора на управляющий электрод требуется подать значительно больший ток и напряжение, а для штатной работы контроллера ИИП требуется, чтобы напряжение на выводе CS, предназначенном для измерения тока (Current Sense), было намного больше. Во-вторых, при подключении указанной точки непосредственно к объекту воздействия будет нарушено соотношение R1 и C1, что, в свою очередь, вызовет изменение фазы включения тиристора (см. рис. 3) и частоты тактового генератора (см. рис. 4).

Теперь рассмотрим более подробно схему на рис. 3. Если номиналы резисторов R2, R3 и R4 равны 1 кОм, R1 = 10 кОм и C1 = 10 мкФ, то, изменяя сопротивление R1, можно регулировать скорость вращения вала в достаточно широких пределах. Если движок потенциометра R1 полностью вывести вверх (по схеме на рис. 3), то вал будет вращаться на максимальных оборотах. При этом, уменьшая сопротивление R3 вплоть до нуля, максимальные обороты можно ещё немного увеличить. При уменьшении номинала резистора R2 до 510 Ом можно добиться дополни-

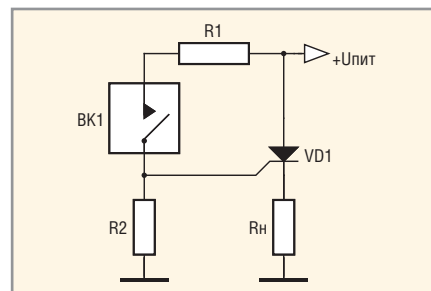


Рис. 2. Стандартная схема включения тиристора [2]

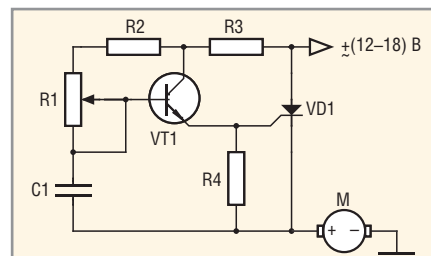


Рис. 3. Предварительная схема тиристорного регулятора

тельного увеличения скорости вращения вала.

Если же движок потенциометра R1 опустить вниз, т.е. увеличить его сопротивление до максимально возможного значения (в данном случае 10 кОм), вал будет вращаться с минимальной скоростью. Если при этом увеличивать

LUMINEQ
POWERED BY ВЕРНО

ЧЁТКО ЯСНО БЕЗОПАСНО



ВОЕННЫЕ СИСТЕМЫ

ТРАНСПОРТ

МЕДИЦИНА

ПРОМЫШЛЕННАЯ
АВТОМАТИЗАЦИЯ

Электролюминесцентные дисплеи LUMINEQ

- Низкий уровень электромагнитного излучения
- Устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям
- Расширенный диапазон рабочих температур $-60...+65^{\circ}\text{C}$ (модель EL640.480AM8ETL)
- Высокая контрастность изображения
- Широкий угол обзора $>160^{\circ}$
- Время отклика <1 мс
- Среднее время безотказной работы до 100 000 ч
- Высокая параметрическая устойчивость: более 75% первоначальной яркости сохраняется после 10 лет эксплуатации



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LUMINEQ

PROSOFT[®]

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

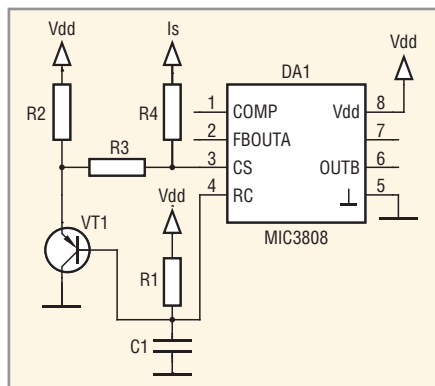


Рис. 4. Схема компенсации наклона токоизмерительной характеристики контроллера ИИП MIC3808 [4]

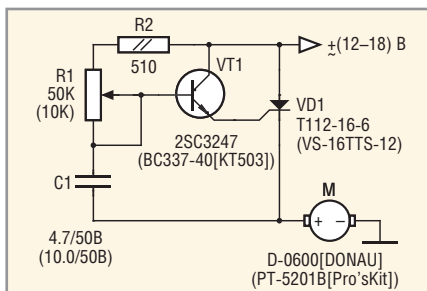


Рис. 5. Схема тиристорного регулятора – стабилизатора скорости вращения вала двигателей постоянного тока электродрелей D-0600 и PT-5201B

В скобках указаны параметры схемы для PT-5201B

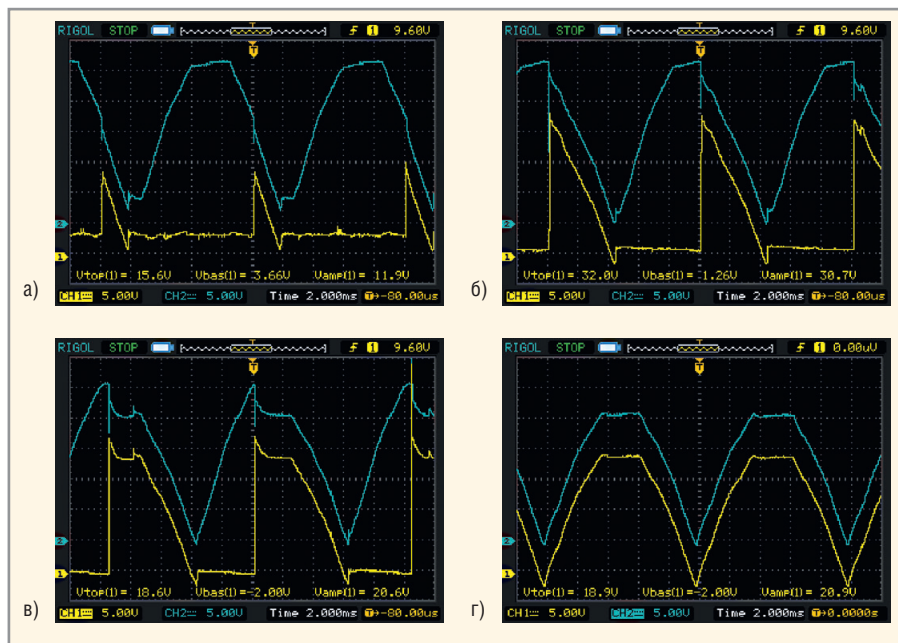


Рис. 6. Осциллограммы, снятые с катода (канал № 1 – жёлтый цвет) и анода (канал № 2 – голубой цвет) тиристора VD1 (T112-16-6) относительно «земли» в схеме на рис.5 для дрели D-0600 (DONAU) при различной интенсивности торможения вала двигателя

а – торможения нет; б, в – последовательное усиление торможения; г – максимальное торможение

сопротивление R4, то минимальные обороты вала начнут уменьшаться, и с некоторого момента (когда сопротивление R4 станет очень велико) перестанут от него зависеть.

После этих экспериментов номинал резистора R2 был выбран равным 510 Ом, а резисторы R3 и R4 вообще были удалены из схемы. Окончатель-

ный вариант схемы показан на рисунке 5. Подключив испытываемую дрель D0600 по схеме на рис. 5, автор решил проверить, будет ли вообще дрель оказывать сопротивление торможению, – попытался затормозить патрон рукой и встретил неожиданное и довольно сильное сопротивление торможению.

Памятуя о том, что с помощью линейного регулятора (см. рис. 16) при средней скорости вращения дрель была способна сверлить отверстия свёрлами диаметром не более 1,6 мм, автор решил проверить возможности дрели, подключённой к тиристорному регулятору (см. рис. 5). Для этого, установив минимальную скорость вращения и вставив в патрон сверло диаметром 3 мм, автор очень быстро просверлил стеклотекстолит толщиной 4 мм.



Рис. 7. Внешний вид тиристорного регулятора (в центре); слева (в большом корпусе) – трансформатор и выпрямитель

В чём же причина такой необычной и эффективной стабилизации скорости вращения? Осциллограммы, снятые с катода и анода тиристора при разной силе торможения патрона дрели, приведены на рисунке 6. Анализ приведённых осциллограмм свидетельствует о том, что при максимальном торможении на двигатель подаётся максимальная мощность (см. рис. 6г); в то же время, при отсутствии торможения скорость вращения возвращается к исходной, т.е. определяемой потенциометром R1 (см. рис. 5). Тщательный анализ осциллограмм показал, что токоизмерительным прибором является сам тиристор. Удалось объяснить и эффект стабилизации скорости.

При торможении скорость вращения вала уменьшается, что влечёт за собой и уменьшение напряжения противоЭДС. Поскольку тиристор управляется со стороны катода (т.е. управляющий электрод находится на катоде), уменьшение напряжения противоЭДС приводит к снижению потенциала катода, а вместе с ним и потенциала управляющего электрода и, соответственно, уменьшению потенциала эмиттера транзистора. Это, в свою очередь, приводит к тому, что конденсатор C1 (см. рис. 5) быстрее заряжается до порога открытия транзистора. Ускоренная зарядка конденсатора уменьшает угол открытия тиристора, благодаря чему он открывается раньше, подавая на двигатель большую площадь полупериода синусоиды, т.е. большую мощность.

Схема, приведённая на рисунке 5, несмотря на простоту, достаточно неприхотлива. Работа схемы проверялась не только с тиристором T112-16-6 (максимальный ток 16 А), но и с T122-25-3 (25 А), и даже с T142-80-10 (80 А). Кроме того, схема была испытана с симисторами TC122-20-5 (20 А) и TC122-25-3 (25 А). Из импортных тиристоров, были испытаны VS-16TTS-12 (16 А) и VT151-500R (12 А). Все вышеперечисленные тиристоры (в том числе симисторы), кроме VT151-500R, показали хороший результат. При использовании тиристора VT151-500R в схеме на рис. 5 на низких оборотах дрель работала неустойчиво, вероятно из-за низкого тока открывания (15 мА) тиристора. Поэтому в схеме может быть использован любой тиристор с током открывания более 30 мА. Следует отметить, что схема на рис. 5 способна работать с двигателями значительно большей мощности, чем 40 Вт.

Что касается транзисторов, то помимо тех, что указаны на рисунке 5, работа схемы проверялась с транзисторами 2SD1347 (60 В, 3А, $h_{FE} = 140...280$), 2SC3244 (100 В, 0,8 А, $h_{FE} = 150...300$). Вообще в схеме может быть использован любой $n-p-n$ -транзистор с максимальным напряжением коллектор-эмиттер 30 В и более и максимальным током коллектора 100 мА и более. Причём чем больше коэффициент усиления транзистора (h_{FE}), тем ниже порог минимальной скорости устойчивого вращения вала дрели.

Налаживание схемы, в основном, сводится к установке устойчивой работы дрели на максимально низкой скорости, при этом:

- 1) производство $R1 \times C1$ должно быть не менее $100 \text{ мкФ} \times \text{кОм}$. Например, $R1 = 100 \text{ кОм}$, $C1 = 1 \text{ мкФ}$; $R1 = 50 \text{ кОм}$, $C1 = 2 \text{ мкФ}$; $R1 = 10 \text{ кОм}$, $C1 = 10 \text{ мкФ}$ и т.п., причём сопротивление $R1$ не должно превышать 100 кОм ;
- 2) минимальная скорость, на которой устойчиво работает двигатель дрели, напрямую зависит от коэффициента усиления транзистора, от произведения $R1 \times C1$, от самого тиристора и, естественно, от параметров электродвигателя. Однако если уже выбраны $R1$, транзистор, тиристор и электродвигатель, то единственным параметром, который можно изменять, является ёмкость конденсатора $C1$.

Процедура стабилизации работы дрели на минимальных оборотах сводится к следующему. Включают дрель и при полностью выведенном движке потенциометра $R1$ вниз (см. рис. 5), т.е. при максимальном значении $R1$, наблюдают за устойчивостью вращения дрели как на холостых оборотах, так и при торможении вала. Вращение вала должно быть равномерным и без рывков. При этом хорошим подспорьем является осциллограф, на экране которого можно наблюдать форму сигнала на катоде тиристора относительно «земли». Осциллограмма при минимальных оборотах вращения должна иметь вид, похожий на рис. 6а, т.е. в каждом периоде должен быть явный и небольшой по амплитуде пик напряжения. Если такой пик напряжения иногда пропускается, то ёмкость конденсатора следует уменьшить. Скорость при этом возрастёт, однако пики напряжения пропускаться уже не будут, а это свидетельствует о том, что дрель работает устойчиво.


Затем производится торможение патрона дрели. Если появляются рывки, ёмкость конденсатора $C1$ следует уменьшить. Если это не помогает, возможно, потребуется использовать другой транзистор с большим коэффициентом усиления.

Ещё одним способом повышения устойчивости работы электродвигателя на минимальных оборотах является увеличение амплитуды выпрямленного напряжения. Например, при установке переключателя (см. рис. 1а) на 12 В и параметрах схемы, указанных на рис. 5 для двигателя дрели D0600, работа на минимальных оборотах будет неустойчивой; однако при 18 В обеспечивается устойчивая работа как на холостых оборотах, так и под нагрузкой.

Из-за простоты схемы, приведённой на рисунке 5, для изготовления регулятора скорости вращения не требуется даже платы: все компоненты могут быть размещены в корпусе размером со спичечный коробок и соединены навесным монтажом (см. рис. 7).

Следует также отметить, что в предлагаемом регуляторе скорости тиристор практически работает в двух состояниях: включённом и выключенном, т.к. время включения и выключения составляет не более десятков микросекунд (см. рис. 6). Во включённом состоянии падение напряжения на тиристоре не превышает долей вольта (как в обычном диоде), поэтому тиристор рассеивает небольшую мощность. В выключенном состоянии ток через тиристор практически отсутствует, благодаря чему рассеиваемая тиристором мощность ничтожно мала. В связи с этим, общий нагрев тиристора также мал, и ему не требуется теплоотвод (в отличие от линейного регулятора на рис. 1б). Отсутствие теплоотвода – важное преимущество, которое позволяет использовать для регулятора небольшой корпус (см. рис. 7) либо смонтировать его в корпусе самого устройства или электродвигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8.
2. Кублановский Я.С. Тиристорные устройства. Радио и связь, 1987.
3. Григорьев О.П., Замятин В.Я., Кондратьев Б.В., Пожидаев С.Л. Тиристоры: Справочник. Радио и связь, 1990.
4. http://www.micrel.com/.../mic3809_eb.pdf. 

Новости мира

TSMC приступила к строительству шестой очереди Fab 14

Компания Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) продолжает строительство новых объектов завода Fab 14 по выпуску 300-мм кремниевых пластин, находящегося в Южном научном парке Тайваня (The Southern Taiwan Science Park, STSP). 23 ноября компания провела церемонию закладки первого кирпича в фундамент шестой очереди Fab 14. К началу строительства следующей, седьмой, очереди завода, по словам исполнительного вице-президента Санг-Ю Чيانга (Shang-Yi Chiang), компания приступит в первом квартале 2013 года.



Санг-Ю Чيانг сообщил, что в настоящее время персонал производственных объектов TSMC в Южном научном парке Тайваня насчитывает около 9 тысяч человек. На этих объектах в 2011 г. была выпущена продукция стоимостью 180 млрд новых тайваньских долларов (\$6 млрд), что составило около 42% общей выручки компании.

Как утверждает Чيانг, завод Fab 14 станет первым в мире предприятием, освоившим массовый выпуск SoC-решений с использованием 20-нм техпроцесса, а также первым предприятием компании по выпуску 300-мм кремниевых пластин, где приступят к массовому производству продукции с использованием 16-нм FinFET техпроцесса. В течение ближайших пяти лет компания планирует инвестировать в объекты, находящиеся на территории STSP, порядка 500 млрд новых тайваньских долларов, что позволит создать 7 тысяч новых рабочих мест.

www.digitimes.com

SAMSUNG – лидер на foundry-рынке

Аналитическая компания IC INSIGHTS представила обновленный рейтинг foundry-предприятий. 12 фирм, включённых в рейтинг, занимают 90% всего рынка foundry-услуг. В 2012 году этот рынок показал рост на 20% и достиг уровня в \$39,3 млрд. Особо отличилась компания SAMSUNG, продемонстрировавшая в 2012 году рост на 98%, в первую очередь за счет заказов компании APPLE.

www.ecworld.ru

Беспроводная система точного времени с первичным датчиком от GPS

Часть 1

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В статье описана система точного времени, получающая значение точного времени по GPS и синхронизирующая пользовательские часы по радиоканалу ZigBee.

В крупных учреждениях, организациях и офисах часто используются централизованные системы точного времени, состоящие из первичного датчика времени (мастер-часов, первичных часов), который выдаёт сигналы точного времени на несколько устройств (вторичных часов, часовых табло), находящихся в различных помещениях. В большинстве таких систем сигналы времени от первичных часов передаются на вторичные по проводным каналам, проложенным внутри здания.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ

Описанная в настоящей статье система точного времени построена по традиционной централизованной архитектуре, однако имеет следующие особенности:

- в заданном по умолчанию режиме работы системы первичные часы получают значение точного времени от встроенного модуля глобального спутникового позиционирования (GPS), который, в свою очередь, получает точное время через спутник от высокоточных атомных часов, отсчитывающих общемировое время;
- передача сигналов времени от первичных часов на вторичные осуществляется по радиоканалу в режи-

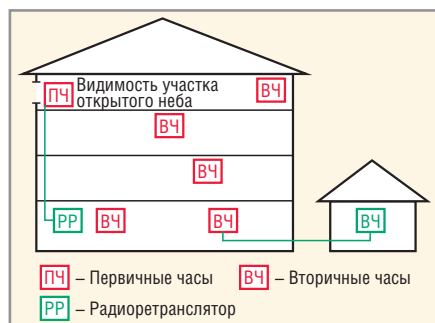


Рис. 1. Структурная схема беспроводной системы точного времени

ме широковещательного доступа с помощью встроенных во все часы радиочастотных модулей, поддерживающих распространённый стандарт беспроводной передачи данных ZigBee. Поэтому для функционирования системы не требуется прокладка проводных линий, а максимальное количество подключенных к системе вторичных часов не ограничено. Система также обеспечивает возможность подключения к первичным и любым вторичным часам по проводному каналу (интерфейс RS-232);

- для всех вторичных часов возможно задание нескольких режимов приёма и отображения принятых значений или же автономного отсчёта времени и даты с периодической синхронизацией от первичных часов или вообще без таковой.

Структурная схема беспроводной системы точного времени приведена на рисунке 1. Красным цветом на схеме обозначены обязательные компоненты системы и связи между ними, зелёным – необязательные.

Согласно общим принципам функционирования системы GPS, определение пространственных координат объекта (местоположения GPS-приёмника) возможно при наличии одновременного уверенного приёма сигналов не менее чем от четырёх спутников. При этом вычисление координат производится встроенными средствами самого GPS-приёмника путём математической обработки данных, содержащихся в принятых сигналах. Получение GPS-приёмником информации о точном времени и дате обеспечивается при наличии уверенного приёма сигнала хотя бы от одного спутника, поскольку значения времени и даты содержатся в самом сигнале.

Таким образом, использование модуля GPS-приёмника в качестве первичного датчика времени при разработке систем точного времени представляется весьма привлекательным, что наводит на мысль об оснащении GPS-приёмниками всех вторичных часов. В этом случае отпадает надобность в построении какой-либо централизованной системы, учитывая, что стоимость GPS-приёмника сопоставима со стоимостью радиочастотного модуля. Однако приём сигналов GPS от спутников возможен не в любой точке, а только в пределах прямой видимости на спутник. Требуемые места установки вторичных часов внутри здания не всегда будут отвечать этому условию. Сигналы же выбранных радиочастотных модулей свободно распространяются вне прямой видимости, в частности, внутри зданий, сквозь стены и межэтажные перекрытия. Таким образом, надёжное функционирование системы достигается размещением антенны GPS-модуля первичных часов в месте, где гарантированно принимается сигнал хотя бы от одного спутника, а всех вторичных часов – в требуемых местах здания, но в пределах зоны уверенного приёма радиосигналов от первичных часов. Последнее условие на практике выполнить легче, чем обеспечить спутниковый приём.

При выборе радиочастотных модулей для предлагаемой системы ставилась задача достижения максимально возможной дальности уверенной связи вне прямой видимости (в пределах здания). Ввиду весьма малого объёма циркулирующих в системе данных, к максимальной скорости передачи данных по радиоканалу особых требований не предъявлялось. Из доступных на российском рынке радиочастотных модулей указанному требованию удовлетворяют радиочастотные модули типа XBP08 семейства XBee-PRO 868 производства корпорации Digi International [1].

В макете системы использовались модули XBP08-DPWIT-024 с интегрированной проводной антенной. По-

строенные на базе указанных модулей беспроводные устройства работают в диапазоне 868 МГц в дуплексном режиме на одном частотном канале. При этом мощность передатчика радиочастотного модуля может быть программно выбрана пользователем в диапазоне от 1 до 315 мВт. В условиях городской застройки вне прямой видимости заявленная производителем дальность установления связи составляет 550 м [2]. Работа указанных радиомодулей при передаче данных в пределах одного здания была проверена при максимальной мощности передатчиков. При этом устойчивая связь наблюдалась между радиочастотными модулями, разделёнными тремя бетонными межэтажными перекрытиями и крышей этого здания.

Скорость передачи данных по радиоканалу составляет 24 Кбит/с, однако большая часть (до 90%) этой полосы занята под служебные сигналы. Радиомодули обеспечивают двухсторонний обмен данными в нескольких режимах адресации по интерфейсу UART, который работает в диапазоне стандартных скоростей 1200...230 400 бит/с.

Первичные часы

Формирование передаваемых по сети сигналов точного времени в первичных часах осуществляется следующим образом. После включения питания всего устройства модуль GPS-приёмника начинает поиск сигналов от спутников. В зависимости от конкретных условий приёма в точке нахождения GPS-модуля, процесс поиска может занимать от нескольких десятков секунд до нескольких минут. С момента включения питания GPS-модуль начинает передавать в микроконтроллер (МК) пакеты данных через последовательный интерфейс UART в соответствии с протоколом NMEA0183 [3]. В этом протоколе данные представлены ASCII-символами. По умолчанию периодичность передачи пакетов составляет 1 с, а точный состав данных в пакете зависит от конкретной модели GPS-модуля и его текущих настроек. В общем случае каждый пакет состоит из нескольких т.н. предложений (sentence), каждое из которых содержит определённый набор параметров: географические координаты GPS-приёмника, его высоту над уровнем моря, число доступных спутников в данной точке, текущие дату и время, курс, скорость GPS-приёмника и т.д.

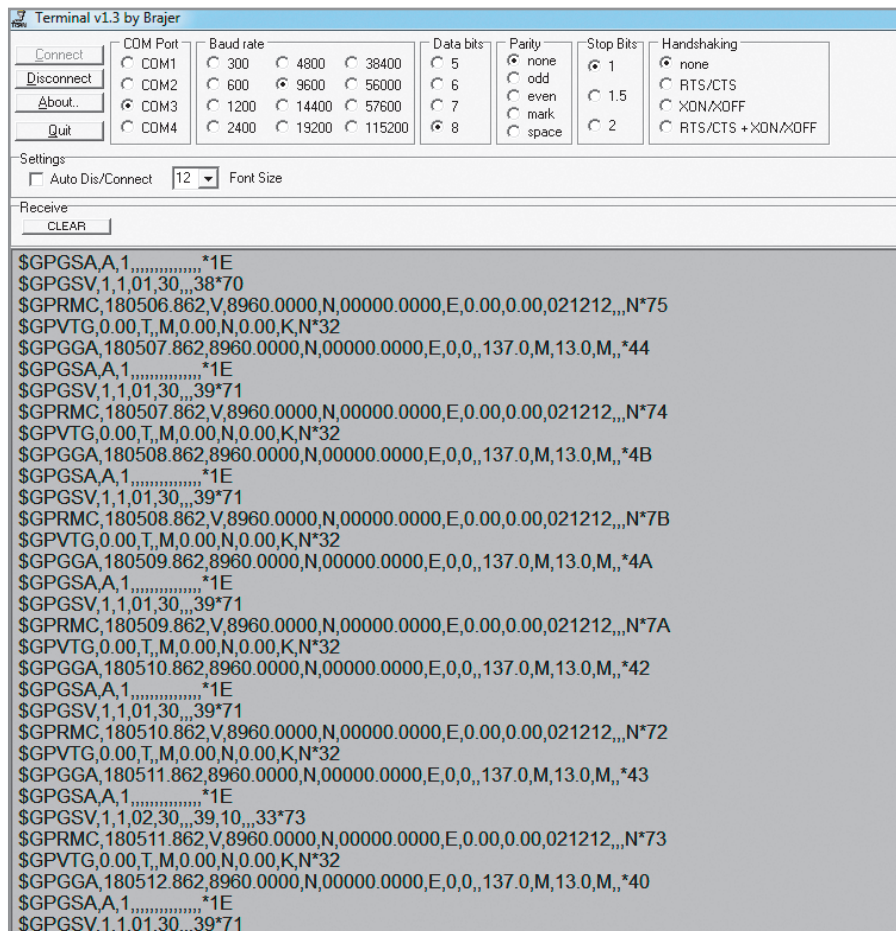


Рис. 2. Данные, поступающие по умолчанию из модуля GPS-приёмника

На рисунке 2 показаны данные, поступающие по умолчанию из GPS-модуля, использованного в предлагаемой системе. Каждое сообщение имеет следующий обобщённый формат:

```
$<talker ID><sentence ID>,>[par1],[par2],...[*checksum]<CR><LF>
```

где: \$ – признак начала сообщения; talker ID – идентификатор источника сообщения (в нашем случае это GP, что соответствует источнику – спутнику системы GPS); sentence ID – идентификатор предложения; pari – значение параметра *i* в данном сообщении; checksum – контрольная XOR-сумма всех символов в строке между «\$» и «*»; CR, LF – символы возврата каретки (0x0D) и перевода строки (0x0A), обозначающие конец сообщения.

В нашем случае встроенная в МК программа первичных часов использует данные, содержащиеся в предложении с идентификатором (sentence ID). RMC – рекомендуемый минимум навигационных данных. По умолчанию это предложение входит в состав пакетов данных большинства моделей GPS-модулей различных производителей.

Типичный пример предложения RMC:

```
$GPRMC,123419.22,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,W*6A
```

где: 123419.22 – время фиксации местоположения GPS-приёмника по всемирному координированному времени UTC. Имеет формат hhmmss.ss, где hh – часы, mm – минуты, ss.ss – секунды с сотыми долями. В данном случае 12 ч 34 мин 19,22 с; A – признак достоверности данных (A – достоверные, V – недостоверные); 230394 – дата фиксации местоположения GPS-приёмника по всемирному координированному времени UTC. Имеет формат ddmmyy, где dd – день месяца, mm – месяц, yy – последние две цифры года. В данном случае 23 марта 1994 г. Остальные параметры, содержащиеся в предложении RMC, в данном приложении не используются.

Число десятичных разрядов, выделяемых в предложении под значение каждого параметра, в общем случае может изменяться. Неизменным остаётся только количество «мест» под параметры, которые отделяются друг от друга запятыми. Если значение како-

го-то параметра не определено GPS-модулем, то оно не отображается, однако соответствующая запятая в сообщении всё равно присутствует. На этом и основан алгоритм выделения требуемых данных из пакета.

Управляющая программа МК первичных часов анализирует поступающий от GPS-модуля поток байтов и, найдя в нём символ \$, отмечает для себя начало очередного предложения. Затем программа анализирует содержимое полей предложения talker ID и sentence ID до нахождения сочетания GPRMC, после чего обнуляет свой программный счётчик запятых. Найденные путём подсчёта запятых значения времени, признака достоверности данных и даты, преобразуются программой и в виде короткой строки данных передаются из МК в радиомодуль через соответствующий порт UART.

Преобразование значения времени заключается в его переводе из формата всемирного координированного времени UTC в формат московского времени MSK (UTC отстаёт от MSK на 4 ч). Кроме того, программа отбрасывает дробную часть числа секунд. Преобразование значения даты заключается в следующем. С 0 до 4 ч каждых суток по московскому времени (соответствует интервалу с 20 до 24 ч по UTC) значение принимаемой со спутника даты для MSK является некорректным (отстаёт от корректной московской даты на 1 сутки), поэтому программа на этот период времени МК заменяет прочерками значение даты, передаваемое в радиомодуль. Остальную часть каждых суток значение даты, поступающее из GPS-модуля, транслируется в радиомодуль без изменений, как и значение признака достоверности данных.

Необходимо отметить, что в общем случае это значение указывает на достоверность только навигационных данных, вычисляемых самим GPS-модулем (например, координат) из всей совокупности принимаемых сигналов от спутников, но не относится к достоверности принимаемого сигнала от каждого отдельного спутника. Таким образом, принятые GPS-модулем значения времени и даты могут быть фактически достоверными даже при недостоверном значении «признака достоверности», поскольку, как уже говорилось, они содержатся в самом сигнале спутника. Это было учтено автором при разработке возможных режимов вторичных часов.

Помимо данных, извлечённых из информации GPS-модуля, первичные часы в составе информационной строки излучают в эфир свой собственный параметр – признак наличия/отсутствия звукового сигнала. Этот сигнал по умолчанию находится в пассивном уровне, а в активный переходит путём нажатия и удержания одной из кнопок управления устройством. На приёмной стороне (во всех вторичных часах) его можно использовать для генерации сигналов широкополосного оповещения, например, о начале/конце рабочего или учебного времени, перерыва на обед и т.п.

Таким образом, строка (пакет) излучаемых в эфир данных во внутреннем формате системы имеет следующий вид:

```
$[hhmmss], [A], [s], [ddmmyy],  
<CR><LF>
```

где: \$ – признак начала сообщения; hhmmss – время в формате MSK, hh – часы, mm – минуты, ss – секунды; A – признак достоверности данных; ddmmyy – дата: dd – день месяца, mm – месяц, yy – последние две цифры года. В период с 0 до 4 ч по MSK это поле имеет вид: «-----»; s – признак наличия (1) или отсутствия (2) звукового сигнала; CR, LF – символы, обозначающие конец сообщения.

Периодичность передачи указанной строки из МК в радиочастотный модуль задана в программе равной периоду поступления пакета данных из GPS-модуля (по умолчанию 1 с).

Структурная схема первичных часов приведена на рисунке 3а. Основой устройства является МК, управляющая программа которого обеспечивает обработку сигналов от модуля GPS-приёмника, передачу обработанных сигналов в радиочастотный модуль, а также функции управления и индикации. МК, цепи управления и индикации, а также преобразователь уровней интерфейсов UART – RS-232 – в совокупности образуют узел, обозначенный на рисунке как контроллер.

Модуль GPS-приёмника и радиомодуль подключены к МК через аппаратные интерфейсы UART. Ещё один аппаратный порт UART микроконтроллера, снабжённый внешним преобразователем уровней интерфейсов UART – RS-232, используется в качестве консольного порта для тестирования, контроля и управления, а также для подключения

дополнительных устройств. Все порты UART установлены в режим асинхронного обмена данными с одинаковыми параметрами.

Заметим, что, с точки зрения минимизации аппаратных затрат, весьма привлекательным представляется вариант построения системы, при котором в составе первичных часов контроллер вообще отсутствует, а данные передаются из GPS-модуля непосредственно в радиомодуль без какой-либо обработки. Выделение из принятых со спутника данных значений времени и даты и преобразование формата времени в этом случае целиком возлагаются на вторичные часы. Однако от указанного варианта при проектировании системы решено было отказаться ввиду того, что в эфир передавалось бы много лишних данных.

Первичные часы могут функционировать в трёх различных режимах. После включения питания по умолчанию устройство переходит в рабочий режим (режим 0), в котором данные, поступающие из модуля GPS-приёмника, подвергаются программному преобразованию в описанный выше формат и с периодичностью 1 раз в секунду выдаются в порт подключения радиомодуля, а также в консольный порт.

Первый сервисный режим (режим 1) предназначен для проверки функционирования GPS-приёмника при его юстировке. В этом режиме данные, поступающие из GPS-модуля, без каких-либо преобразований и задержек передаются контроллером в консольный порт. Наблюдая эти данные в приёмном окне терминальной программы ПК, подключенного к консольному порту (см. рис. 2), можно судить о наличии и количестве доступных спутников в месте расположения GPS-модуля. Для указанной цели можно использовать NMEA-сообщение с идентификатором GSA – «факторы точности и активные спутники» или с идентификатором GSV – «видимые спутники». Прохождение информации в обратном направлении (из консольного порта в GPS-приёмник) в режиме 1 устройством не поддерживается.

Второй сервисный режим (режим 2) предназначен для проверки функционирования и пользовательской настройки радиочастотного модуля. В этом режиме контроллер обеспечивает двухсторонний обмен данными между консольным портом и портом

подключения радиомодуля без каких-либо задержек и программной обработки этих данных. По сути дела в этом режиме устройство является преобразователем уровней интерфейсов UART – RS-232 для радиочастотного модуля. Подробнее о тестировании и настройке радиомодуля будет сказано ниже.

Аппаратная платформа для реализации первичных часов была выбрана с учётом наличия в МК не менее трёх аппаратных интерфейсов UART. При этом приложение не предъявляет особых требований к производительности процессорного ядра МК. Указанным условиям удовлетворяет 32-разрядный МК LPC1768 производства фирмы NXP. В макете устройства LPC1768 использовался в составе отладочной (демонстрационной) платы MCB1760 производства Keil Software. На этой плате, помимо МК, имеется вся минимально необходимая аппаратная «обвязка»: стабилизаторы напряжений +3,3 В для питания цифровой и аналоговой частей МК, кварцевый резонатор, цветной графический ЖКИ, линейка светодиодов с драйверами, кнопка, пятипозиционный кнопочный манипулятор «джойстик», УМЗЧ с миниатюрной динамической головкой, разъём для программирования и отладки встроенных программ МК (ARM Standard JTAG Connector), разъёмы для подключения к четырём имеющимся в составе периферии МК интерфейсам UART, а также преобразователи уровней интерфейсов UART – RS-232 и стандартные 9-контактные гнезда D-Sub для двух из них. Типовой ток потребления платы от источника +5 В составляет 65 мА, максимальный – 120 мА.

Принципиальная схема первичных часов показана на рисунке 4, а общий вид макета устройства – на рисунке 5. Как можно видеть из рисунка, радиочастотный модуль ZigBee DA3 с элементами питания и «обвязки» (стабилизатор напряжения +3,3 В DA2, элементы R1, R2, R4 – R7, C1, C4, C5, C7, VD2) размещены на отдельной монтажной плате. Стабилизатор DA2 установлен на теплоотводе площадью 5...6 см² в виде лужёного участка фольги на монтажной плате. Номинальный ток потребления радиомодуля XBPF08-DP от источника +3,3 В в режиме передачи (при максимальной мощности передатчика 315 мВт) составляет 500 мА, максимальный – до 800 мА; в режиме приёма – не более 65 мА. Модуль GPS-

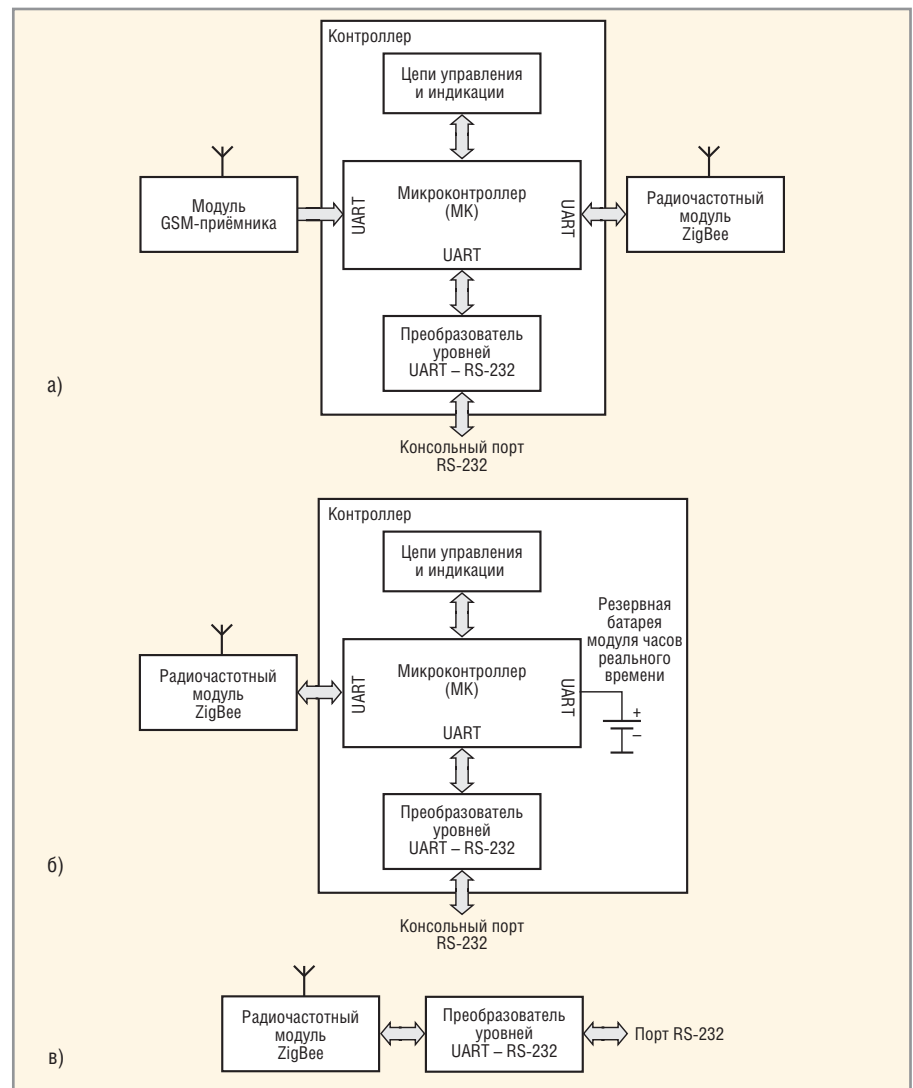


Рис. 3. Структурные схемы

а – первичных часов, б – вторичных часов, в – радиоретранслятора

приёмника DA1 также питается от стабилизатора DA2; максимальный ток потребления не превышает 50 мА. Таким образом, совокупный максимальный ток потребления всего устройства (при использовании платы MCB1760) по напряжению +3,3 В не превышает 970 мА. Питание всех стабилизаторов +3,3 В осуществляется от источника +5 В, который должен обеспечивать указанный ток нагрузки.

Схема остальной части первичных часов (контроллера), показанная на рисунке 4, представляет собой упрощённый вариант принципиальной схемы платы MCB1760, содержащий все необходимые для функционирования устройства элементы, цепи и соединения. Полная принципиальная схема платы в виде pdf-файла доступна в [4]. Разъём X4 JTAG, предназначенный для загрузки и отладки управляющей программы МК, – стандартный 20-контактный [6]. Каждый из конденсаторов C13 – C16, C17 – C22 должен

располагаться в непосредственной близости от соответствующего ему вывода питания МК DD1. Светодиоды HL1 – HL4 – любые малогабаритные для поверхностного монтажа, рассчитанные на рабочий ток 5...10 мА.

Переключение режимов осуществляется в устройстве по кольцу с помощью «штатного» манипулятора «джойстик» отладочной платы, в котором используется только одна позиция – «нажатие вниз». На схеме рис. 4 эта позиция показана в виде простой кнопки (SB1 «Режим»). Перевод в активный уровень признака наличия/отсутствия звукового сигнала производится нажатием на кнопку SB2 «Звук» (на оригинальной схеме платы эта кнопка обозначена INT0). Сигнал остаётся в активном уровне, пока эта кнопка удерживается нажатой. При этом устройство вырабатывает на выводе б DD1 контрольный звуковой сигнал – меандр с частотой 500 Гц, который может быть подан на вход «штат-

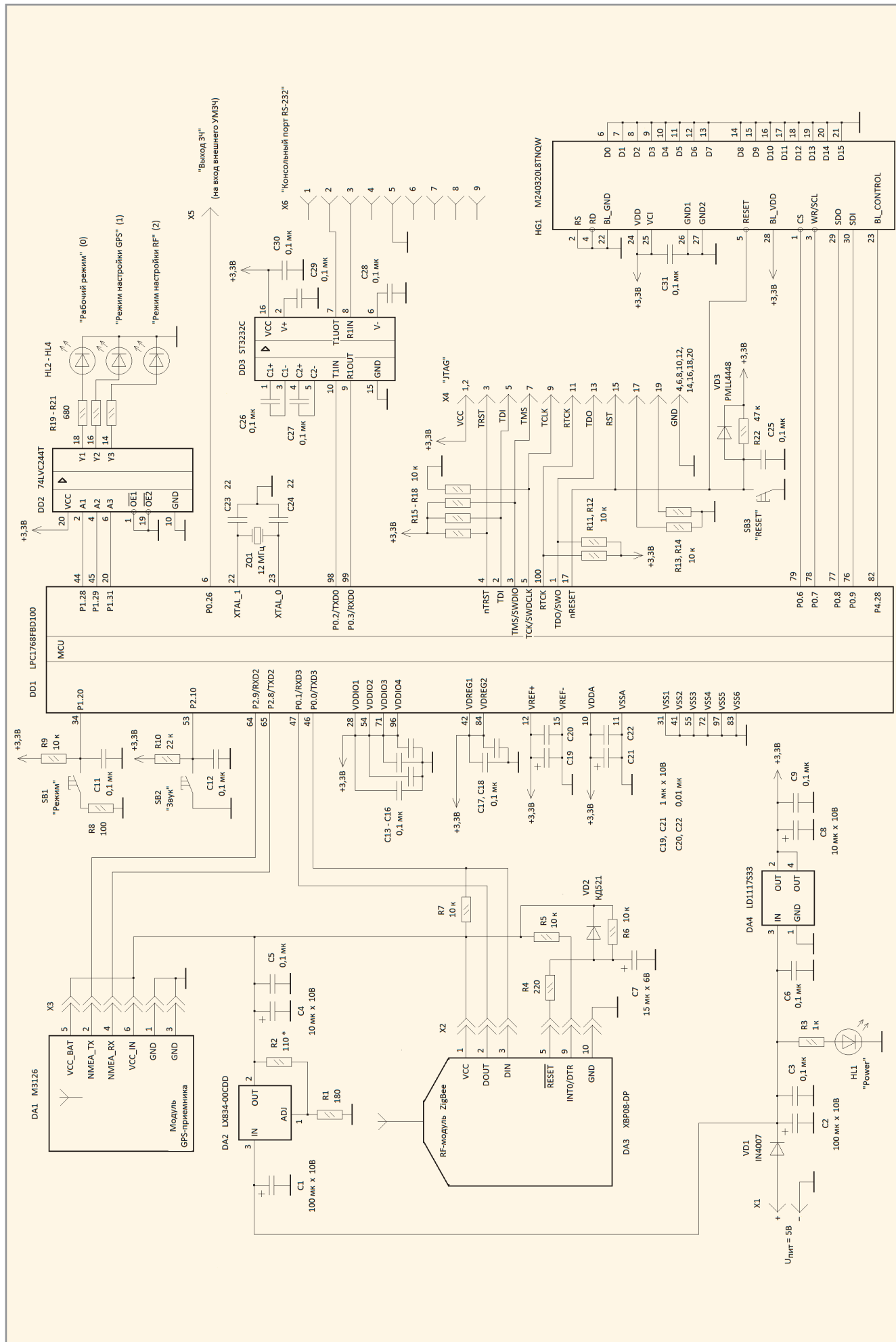


Рис. 4. Принципиальная схема первичных часов

ного» УМЗЧ платы или внешнего УМЗЧ (на схеме рис. 4 не показаны).

Индикация текущего режима осуществляется свечением соответствующего светодиода HL2 – HL4 в светодиодной линейке платы. Помимо этого, для отображения информации в устройстве используется «штатный» цветной графический ЖКИ HG1 разрешением 240×320 пикселей. Во всех режимах на этот индикатор выводится номер текущего режима устройства (Mode), а также признака наличия/отсутствия звукового сигнала (Alarm). В рабочем режиме на индикаторе также отображаются значения поступающих от GPS-приёмника времени и даты в форматах UTC и MSK и значение признака достоверности данных, как показано на рисунке 5. Заметим, что в конечном устройстве этот ЖКИ можно не устанавливать. Индикация режимов в этом случае будет производиться только светодиодами, а контроль функционирования можно осуществлять с помощью ПК, подключенного к консольному порту. В указанном случае не требуется вносить какие-либо изменения в управляющую программу МК.

В качестве GPS-приёмника в устройстве используется GPS-модуль DA1 M3126 [5]. Его применение обусловлено наличием интегрированной керамической антенны. Автор также проверял работу устройства с GPS-модулями Trimble 67650-10 и QUECTEL10 S2-W0156-L0006, совместно с которыми использовались внешние пассивные антенны, выполненные в виде простого куска одножильного провода длиной 9,5 см (1/2 длины волны частоты приёма GPS-модуля 1575,42 МГц). Во всех случаях в светлое время суток устойчиво принимались сигналы от одного или нескольких спутников.

Программирование и отладка встроенной программы МК производились с помощью JTAG-адаптера – программатора ULINK-ME, подключаемого к разъёму JTAG Connector МК отладочной платы и к ПК хоста через порт USB. Исходный текст управляющей программы и файл «прошивки» флэш-памяти МК, реализующей функции первичных часов, содержатся в каталоге проекта Timdat, архив которого доступен для загрузки с интернет-страницы журнала (www.soel.ru). Проект был подготовлен и отлажен в интегрированной среде разработки IDE

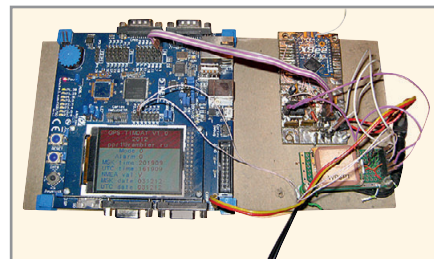


Рис. 5. Общий вид макета первичных часов

µVision4 V4.23, входящей в бесплатную версию программного пакета MDK-ARM

ЛИТЕРАТУРА

1. XBee-PRO 868. Long-range RF connectivity for European applications. <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/point-multi-point-rfmodules/xbee-pro-868.jsp#overview>.
2. XBee-PRO 868. Long-Range Embedded RF Modules for OEMs. www.digi.com/pdf/ds_xbeepro868.pdf.
3. NMEA Makes Connections. <http://www.nmea.org/>.
4. <http://www.keil.com/mcb1700/mcb1700-schematics.pdf>.
5. <http://www.compel.ru/infosheet/WPT/M3126/>.
6. CoreSight Debug and Trace Connectors for ARM Cortex-M devices. <http://www.keil.com/coresight/connectors.asp>.



Honeywell

FLUKE

EPCOS

SICK

VISHAY

BOURNS
Reliable Electronic Solutions

IOR

TE
Authorized Distributor

Panasonic
Ideas for Life

CRYDOM

DATA VISION

MITSUBISHI ELECTRIC

Kingbright

muRata
Inventor in Electronics

velleman

Низкоомные ЧИП резисторы

- Сопротивление от **1 мОм** по ряду E24
- Высокая точность 1, 2 и 5 %
- Мощность 0.33 – 2 Вт
- Типоразмеры 0805, 1206, 2512
- Различные модификации:
*повышенной мощности,
с двухсторонним резистивным элементом,
токоизмерительные*

ERJ

Уже на складе!

Реклама

www.platan.ru

ПЛАТАН

- Офисы в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97 000 99, platan@aha.ru;
- м. Новослободская: 1-й Щемилковский пер., 16, стр.2 (495) 744 70 70, platan@platan.ru
- Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

Многоканальный счётчик на микроконтроллере

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описан шестиканальный счётчик, каждый канал которого может осуществлять прямой, обратный или реверсивный счёт. Поясняется алгоритм работы устройства, схемотехника и программное обеспечение.

Структурная схема шестиканального счётчика представлена на рисунке 1. Счётчик состоит из семи функциональных узлов: платы клавиатуры и шести счётных каналов (№ 1 – 6). Фактически каждый счётный канал представляет собой независимый счётчик, который разработан на базе микроконтроллера фирмы Atmel AT89C4051-24PI. Принципиальная схема одного канала (счётчика № 1) показана на рисунке 2. Счётчики № 1 – 6 идентичны по схеме и конструкции. Принципиальная схема платы клавиатуры представлена на рисунке 3.

Интерфейс устройства содержит галетный переключатель SA1, клавиатуру (кнопки S1 – S5), световые полосы HL1 – HL4 и блок индикации (дисплей) из пяти цифровых семисегментных индикаторов HG1 – HG5. Галетный переключатель SA1 платы клавиатуры имеет шесть положений «1», «2», ..., «6». Если SA1 установлен в положение «1», то клавиатура (кнопки S1 – S5) подключены к счётчику № 1. В этом случае можно задать параметры для счётчика № 1. Если SA1 установлен в положении «2», можно задать параметры счётчика № 2, и т.д.

Рассмотрим подробно работу и схему счётчика № 1. Алгоритм работы данного счётчика следующий. Увеличение результата счёта (числа, отобра-

жаемого на индикаторах устройства) на единицу (инкремент) происходит в момент перехода входного сигнала из лог. 1 в лог. 0 на выводе 9 микроконтроллера DD2. При этом на выводе 11 микроконтроллера DD2 должен присутствовать сигнал лог. 1. Соответственно, уменьшение результата счёта на единицу (декремент) происходит в момент перехода входного сигнала из лог. 1 в лог. 0 на выводе 11 микроконтроллера DD2. При этом на выводе 9 должен присутствовать сигнал лог. 1. Любые другие комбинации уровней и их перепадов состояние счётчика не изменяют.

Алгоритм работы счётчика предусматривает задание уставки № 1 и управление внешним исполнительным устройством № 1 (сигнал «выход 1» в соединителе X1 или вывод 7 микроконтроллера DD2). При инициализации на выводе 7 микроконтроллера DD2 устанавливается лог. 1. Если текущее значение счётчика равно заданной уставке, то включаются звуковая (пьезоэлектрический излучатель BA1) и световая сигнализация (индикатор HL4), на выводе 3 микроконтроллера DD2 устанавливается лог. 0, включая исполнительное устройство.

В устройстве три режима работы: «счёт», «установка счётчика», «уставка № 1». В режиме «счёт» осуществляется прямой и обратный счёт импульсов, поступающих на выходы 9, 11 микроконтроллера DD2. Текущее значение отображается на дисплее устройства и сравнивается с уставкой № 1. В режиме «уставка № 1» устанавливается значение счётчика. В режиме «установка счётчика» и «уставка № 1» запрещается прямой и обратный счёт счётчика, независимо от комбинации уровней на входе счётчика и их перепадов.

Кнопки клавиатуры (S1 – S5 на рис. 3) имеют следующее назначение:

- S1 (P) – выбор режима работы устройства в замкнутом цикле («счёт», «установка счётчика», «уставка № 1»); после подачи питания устройство сразу переходит в режим «счёт», и каждое нажатие данной кнопки переводит устройство в следующий режим;
- S2 (▲) – увеличение на единицу значения каждого разряда в режимах «уставка счётчика», «уставка № 1»; каждое нажатие на данную кнопку увеличивает на единицу выбранный разряд;
- S3 (▼) – уменьшение на единицу значения каждого разряда в режимах «установка счётчика»; каждое нажатие на данную кнопку уменьшает на единицу выбранный разряд;
- S4 (B) – выбор разряда при установке текущих значений в режимах «установка счётчика», «уставка № 1»; в выбранном разряде (индикаторы HG1 – HG5), включается точка h. При первом нажатии на кнопку точка h включается у первого разряда (индикатора HG5), при втором нажатии – у второго разряда (индикатор HG4), и т.д.;
- S5 (C) – обнуление счётчика независимо от его текущего состояния. Данная функция применима ко всем режимам работы устройства. Кроме того, эта кнопка принудительно выключает световую и звуковую сигнализацию и отключает исполнительное устройство (вывод 7 DD2 устанавливается в лог. 1). Для функционирования клавиатуры задействован вывод 8 (P3.4) микроконтроллера DD2.

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (справа налево по рисунку 2):

- 1-й разряд (индикатор HG 5) отображает единицы во всех режимах;
- 2-й разряд (индикатор HG 4) отображает десятки во всех режимах;
- 3-й разряд (индикатор HG 3) отображает сотни во всех режимах;
- 4-й разряд (индикатор HG 2) отображает тысячи во всех режимах;

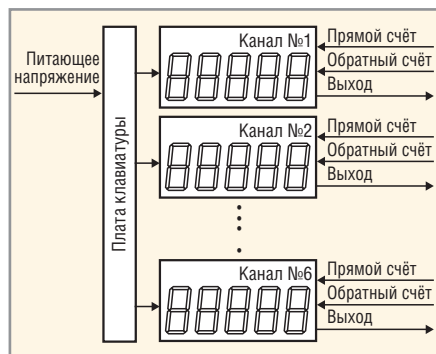


Рис. 1. Структурная схема шестиканального счётчика

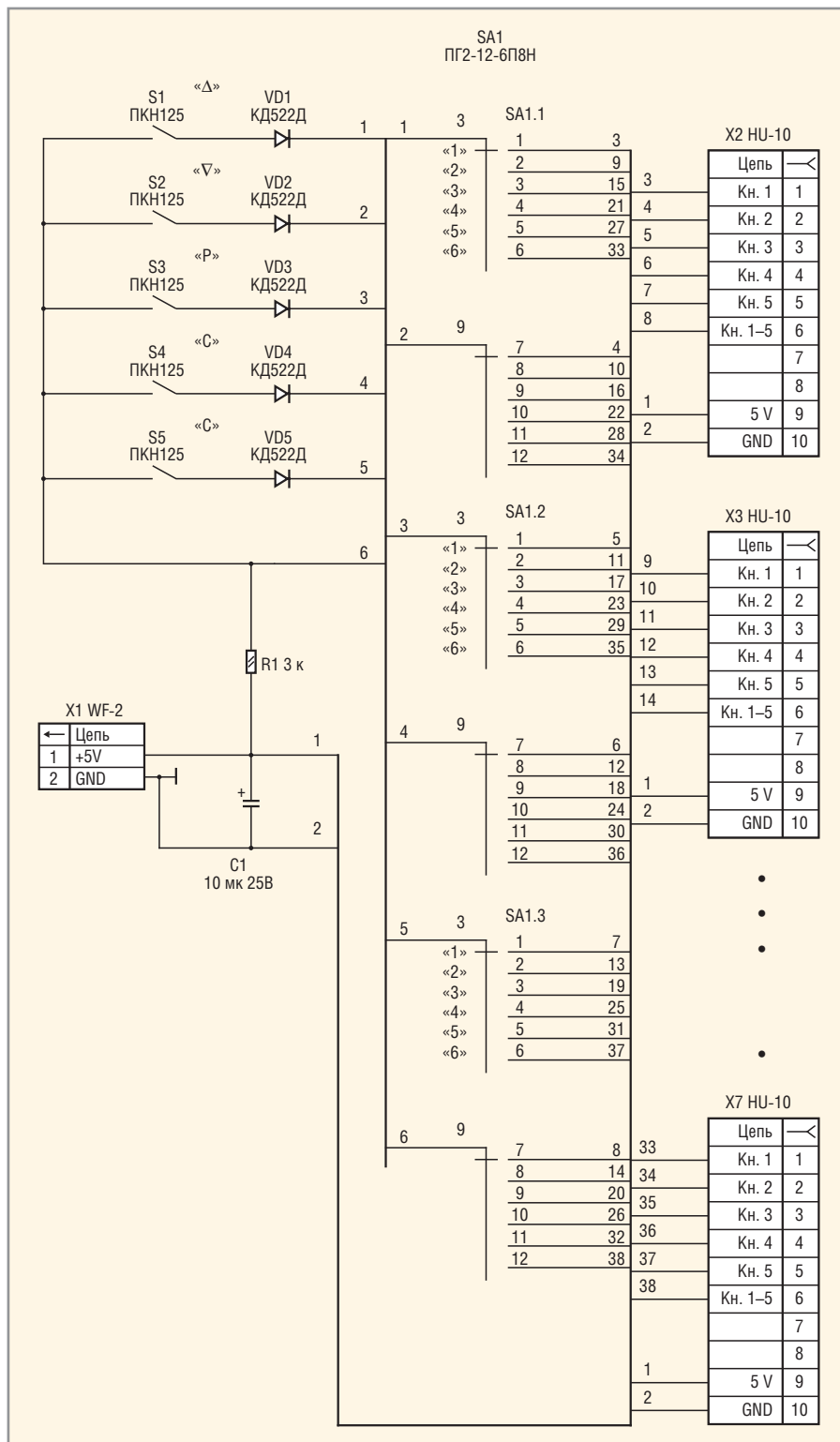


Рис. 3. Принципиальная схема платы клавиатуры

- 5-й разряд (индикатор HG 1) отображает десятки тысяч во всех режимах. Индикаторы интерфейса управления имеют следующее назначение:
 - HL1 – индикатор режима «счёт»;
 - HL2 – индикатор режима «установка счётчика»;
 - HL3 – индикатор режима «уставка № 1»;
 - HL4 – индикатор световой сигнализации.
- Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 по-

средством RC-цепи (R6C1) формируется сигнал аппаратного сброса микроконтроллера DD2. При инициализации во все разряды портов микроконтроллера DD1 записываются лог. 1. Счётчик № 1 сразу переходит в режим «счёт» (горит индикатор HL1).

В режиме «счёт» при совпадении текущего значения счётчика с уставкой № 1 на 10 с включается прерывистая звуковая BA1 и световая HL4 сигнализации с интервалами включения и

выключения 1 с; сигнал «выход 1» устанавливается в лог. 0. Если текущее значение счётчика равно или больше уставки № 1, то «выход 1» устанавливается в лог. 0.

Рассмотрим функциональные узлы счётчика № 1. Основой устройства является микроконтроллер DD2, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц. Динамическая индикация реализована на транзисторах VT1 – VT5, цифровых семисегментных индикаторах HG1 – HG5 и управляется с порта P1 микроконтроллера DD2 и выходов регистра DD1. Коды для включения индикаторов поступают в порт P1 микроконтроллера DD2. Регистр DD1 управляет внутренними исполнительными устройствами: звуковой сигнализацией (пьезоэлектрический излучатель BA1), световой сигнализацией (индикатор HL4) и семисегментными индикаторами HG1 – HG5. Резисторы R7 – R14 ограничивают ток через сегменты индикаторов.

Программное обеспечение микроконтроллера было разработано в среде μVision2. В памяти данных микроконтроллера по адресам с 30H по 39H организован буфер отображения для динамической индикации. По своему функциональному назначению, в зависимости от режима работы устройства, адресное пространство буфера поделено на две функциональные группы. По адресам 30H – 34H хранится текущее значение счётчика; они выводятся на индикацию в режимах «счёт» и «установка счётчика». По адресам 35H – 39H хранится значение уставки № 1, которое выводится на индикацию в режиме «уставка № 1».

Каждый байт из функциональной группы в цикле подпрограммы обработки прерывания таймера TF0 после перекодировки выводится в порт P1 микроконтроллера DD2. В подпрограмме обработки прерывания вначале происходит опрос входов P3.5 и P3.7. Если на входе P3.5 присутствует лог. 0, устанавливается флаг INKR, который разрешает увеличивать текущее значение счётчика. Если на входе P3.7 присутствует лог. 0, устанавливается флаг DEKR, который разрешает уменьшать текущее значение счётчика.

После опроса входов P3.5 и P3.7 начинается опрос клавиатуры. Перед работой с клавиатурой необходимо установить в соответствующее положение

галетный переключатель SA1. Нажатием кнопки S1 сдвигается влево единица в регистре R2 микроконтроллера DD2, тем самым задаётся один из трёх режимов работы. При инициализации в регистр R2 записывается число 00000001. При нажатии кнопки S2 устанавливается бит KNOPB, который разрешает увеличение задаваемого значения, отображаемого на индикаторах HG1 – HG5. При нажатии кнопки S3 устанавливается бит KNOPM, разрешающий уменьшение задаваемого значения. Нажатием кнопки S4 сдвигается влево единица в регистре R3 микроконтроллера DD2, тем самым выбирается разряд для изменения задаваемого значения.

При инициализации в регистр R3 записывается число 00000001. При нажатии на кнопку S5 в адреса с 30H по 34H записываются нули, т.е. счётчик обнуляется. Кроме того, сбрасывается флаг звуковой и световой сигнализации BUDS1, – сигнализации выключаются. В регистр R0 записывается первый адрес функциональных групп. В режимах «счёт», «установка счётчика» – это 30H, в режиме «уставка № 1» – это 35H. Каждые 3 мс в подпрограмме об-

работки прерывания инкрементируется регистр R0.

Частота счёта определяется частотой прерывания от таймера T0, а также временем обработки подпрограммы обработки прерывания. В основной программе осуществляется инкремент и декремент счётчика, установка текущего значения счётчика, ввод уставки и сравнение текущего состояния счётчика с уставкой. На рисунке 4 представлена фотография макета одного канала устройства. Клавиатура установлена на плате счётчика.

Разработанная на ассемблере программа занимает не более 1 Кб памяти микроконтроллера. В устройстве использованы резисторы C2-33H-0,125, подойдут любые другие с той же мощностью рассеивания и допуском 5%. Конденсаторы C1, C4 – типа K50-35. Конденсаторы C2 – C4 – K10-17. Индикаторы HG1 – HG5 – зелёного цвета типа HDSP-F501. Индикаторы HL1 – HL4 – типа KB-2300EW красного цвета. Можно подобрать другие, более яркие, или с другими габаритами. Пьезоэлектрический излучатель BA1 HPM14AX можно заменить на HPA17AX или HPA14AX.

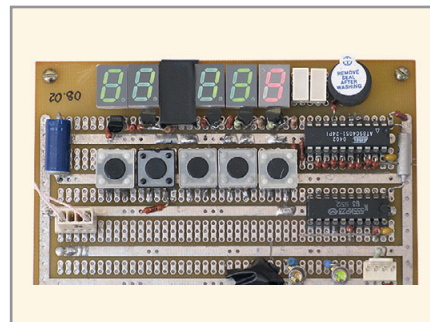


Рис. 4. Макет одного канала устройства

Питающее напряжение поступает на плату устройства через соединитель X2. Потребление тока по каналу +5 В не превышает 600 мА. В устройстве нет никаких настроек и регулировок. Если монтаж выполнен правильно, оно начинает работать сразу после подачи питания.

Незадействованные программные ресурсы микроконтроллера можно использовать, например, для изменения алгоритма работы счётчика. Коды «прошивки» микроконтроллера DD2 в формате Intel HEX приведены в листинге 1, который находится в дополнительных материалах к статье на интернет-странице журнала (www.soel.ru). ©

SHARP

LCD-ПАНЕЛИ SHARP ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



Размер диагонали, дюйм	10,4	12,1	15...23	2,5...8,5
Разрешение	VGA, SVGA	SVGA, WXGA	XGA, SXGA, USGA	Q-VGA, SVGA, WVGA
Яркость, кд/м ²	420...450	400...1200	350...1000	280...500
Контрастность : 1	600...800	800...1000	600...1000	300...800
Входной видеосигнал	Digital RGB, LVDS	Digital RGB, LVDS	LVDS	Digital RGB, LVDS
Задняя подсветка	LED	LED	LED	LED
Предельная рабочая температура, °C	мин.	-30	-15	-20
	макс.	+80	+75	+70

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SHARP

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

Эффективное использование высокоскоростных правил в Cadence® Allegro® PCB Editor

Анатолий Сергеев (Москва)

От того, как настроен проект топологии перед размещением и трассировкой, зависит эффективность использования системы контроля высокоскоростных ограничений Constraint Manager. Эта система является частью САПР печатных плат верхнего уровня Cadence® Allegro® и на сегодняшний день является одной из самых мощных и востребованных у разработчиков быстродействующей электроники.


Главной целью предварительной настройки проекта перед использованием высокоскоростных ограничений в Constraint Manager является создание так называемых расширенных цепей (Xnets). В терминологии программы Xnet (extended net) – это цепь, состоящая из группы последовательно соединённых дискретных элементов на пути от источника к приёмнику сигнала. На рисунке 1 показан пример расширенной цепи на схеме в OrCAD Capture и плате в PCB Editor.

Всего можно выделить пять основных шагов по настройке проекта:

1. Определение количества слоев, порядка их следования и свойств материалов.
2. Задание напряжения для цепей питания и земли.
3. Указание класса устройств.
4. Указание типа выводов.
5. Назначение сигнальных моделей компонентам высокоскоростных цепей.

От того, как точно разработчик в Cadence Allegro прошёл эти пять основных этапов, в конечном счете зависит качество и быстрота проектирования. Любые ошибки и недочёты в настройке могут привести к множествам проблем на других этапах работы. Этим неприятностей можно избежать, если правильно подготовить библиотеки компонентов. Все вышеперечисленные шаги можно выполнить вручную через

соответствующие меню программы либо с помощью специального помощника – Setup Advisor. Рассмотрим более подробно каждый этап настройки.

Стек слоёв печатной платы может быть настроен через меню Setup – Cross-section или нажатием на кнопку  на панели инструментов (см. рис. 2).

Описание типовых стеков удобно хранить в специальных технологических файлах. Каждый такой файл имеет расширение .tcf и может быть создан или загружен в текущую базу проекта с помощью меню File – Export/Import – Techfile соответственно. Помимо информации о слоях платы технологический файл может содержать в себе данные о настройках правил проектирования, пользовательских свойствах и единицах измерения в проекте. В компании на общем сервере может быть настроена целая библиотека точных технологических файлов, которые можно использовать в качестве шаблонов для разных плат. Путь к библиотеке файлов данного типа указывается через переменную techpath в меню Setup – User Preferences, категория Paths – Library. От точности описания стека слоёв зависит то, как будет рассчитываться абсолютная и относительная задержка сигналов, импеданс, а также точность работы калькулятора дифференциальных пар. При нажатии правой кнопки мыши в любом месте таблицы появится возмож-

ность добавить новый слой с индивидуальными характеристиками материала. Библиотеки материалов хранятся в отдельном файле под названием materials.dat и задаются через переменную materialpath. Если включить опцию Show Single Impedance, расположенную в правом нижнем углу окна настройки стека слоев, то можно будет провести оценочный расчёт импеданса для проводников на каждом сигнальном слое. При изменении толщины проводника или характеристик материалов изменится значение импеданса и, напротив, если поменять значение импеданса, то изменится значение толщины проводника. Этот показатель никак не влияет на работу системы ограничений Constraint Manager и может использоваться как ориентировочный. Вторая опция в нижнем правом углу данного окна – Show Diff Impedance позволяет анализировать импеданс дифференциальной пары на выбранном слое. Можно рассчитать импеданс для стандартной и тандемной пары – это зависит от установки в столбце Coupling Type. EDGE – проводники дифференциальной пары расположены на одном слое, BROADSIDE – на соседних слоях. Варьируя шириной и толщиной проводников, можно получить искомое значение дифференциального импеданса. При попытке изменить само это значение, программа предложит выбрать одно из двух – изменить ширину проводников в паре или их толщину (см. рис. 3). Как и в случае с импедансом одиночной трассы значение дифференциального импеданса является здесь оценочной величиной и не влияет на установку правил проектирования.

Следующим этапом в настройке базы данных проекта является описание силовых цепей питания и заземления. Данные цепи рассматриваются программой как цепи постоянного тока (DC net), у каждой из которых должно быть задано точное значение напряжения. Это значение присваивается с помощью свойства VOLTAGE. Данное свойство позволяет согласовать сигнальные цепи через нагрузку с цепями постоянного тока. Присвоить значение напряжения для цепей питания и заземления

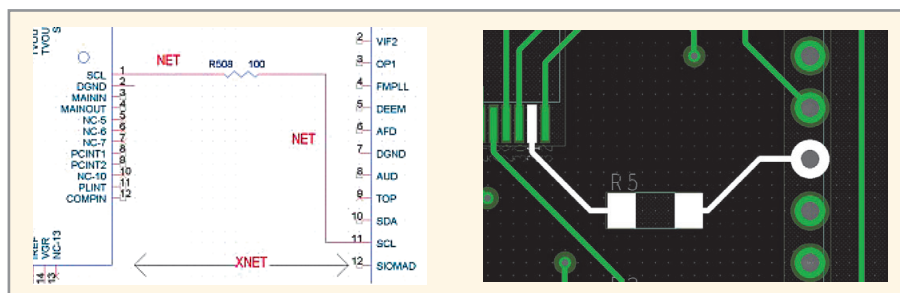


Рис. 1. Пример расширенной цепи (Xnet)

Layout Cross Section

	Subclass Name	Type	Material	Thickness (MM)	Conductivity (mho/cm)	Dielectric Constant	Loss Tangent	Negative Artwork	Shield	Width (MM)	Impedance (ohm)
1		SURFACE	AIR			1	0				
2	TOP	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0	<input type="checkbox"/>		0.1300	55.967
3		DIELECTRIC	FR-4	0.101	0	4.5	0.035				
4	GND1	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5		DIELECTRIC	FR-4	0.2	0	4.5	0.035				
6	IN1	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>		0.1300	54.218
7		DIELECTRIC	FR-4	0.2	0	4.5	0.035				
8	GND2	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
10	IN2	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>		0.1300	42.806
11		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
12	GP1	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
14	IN3	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>		0.1300	42.806
15		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
16	GP2	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
18	IN4	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>		0.1300	42.806
19		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
20	GP3	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
22	IN5	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>		0.1300	42.806
23		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
24	GP4	PLANE	COPPER	0.035	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
25		DIELECTRIC	FR-4	0.127	0	4.5	0.035				
26	IN6	CONDUCTOR	COPPER	0.018	595900	4.5	0.035	<input type="checkbox"/>		0.1300	42.806

Total Thickness: 2.967 MM

Layer Type: ALL | Material: ALL | Field to Set: Thickness | Value to Set: [] | Update Fields

OK | Apply | Cancel | Refresh Materials -> | Show Single Impedance | Show Diff Impedance | Report | Help

Рис. 2. Окно редактора стека слоёв печатной платы в Allegro PCB Editor

можно через меню Logic – Identify DC Nets. Обратите внимание, программа автоматически помещает в начало списка цепи с подходящими наименованиями (см. рис. 4) в случаях, если:

- присутствуют стандартные обозначения в именах, такие как VCC, GND, VEE или VTT;
- цепь содержит значение напряжения, например 5 В;

- цепь соединяется с выводами типа POWER или GROUND. В окне Identify DC Nets соответствующим цепям присваивается значение для свойства VOLTAGE, которое

Используете морально устаревшие САПР?



Ваш пропуск в мир скоростей

OrCAD PCB Designer

современные технологии проектирования и взгляд в будущее



функциональность
масштабируемость
интегрированность
интернет-приложения
оптимальная цена

Реклама

cadence®

Техническая поддержка Обучение Дизайн-проекты

Тел.: +7 (495) 943-50-32, www.orcada.ru

оркада

CADENCE CHANNEL PARTNER

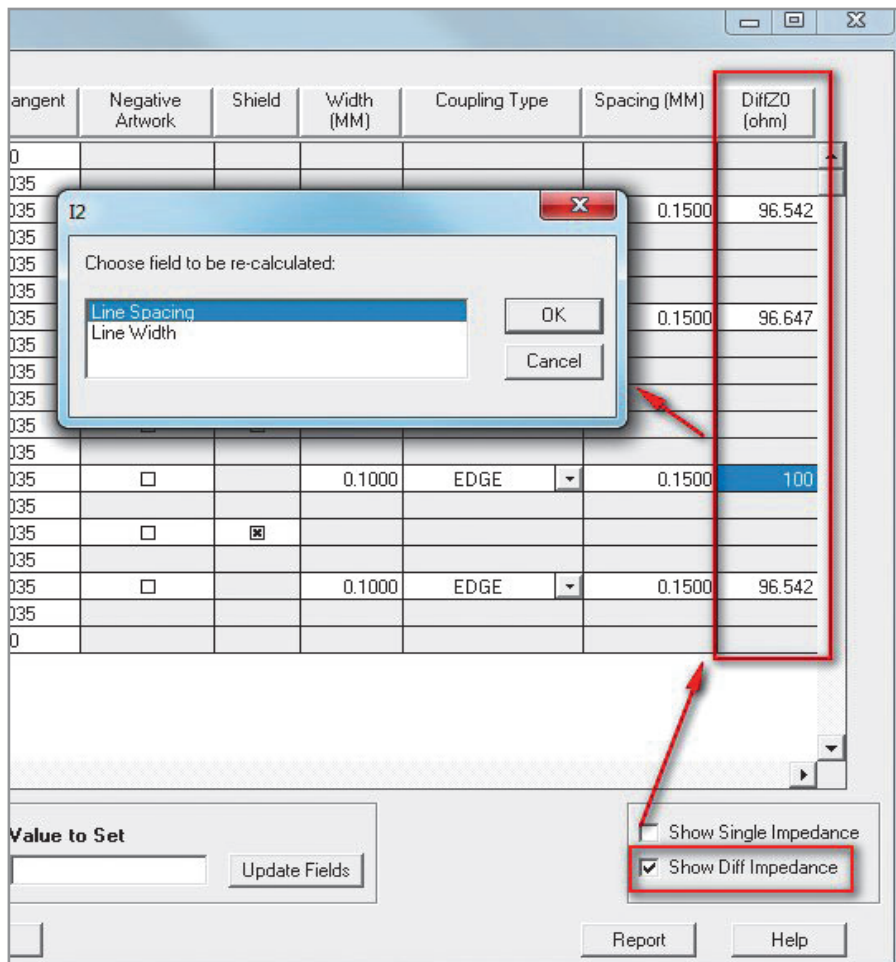


Рис. 3. Расчёт дифференциального импеданса в окне редактора стека слоёв Allegro PCB Editor

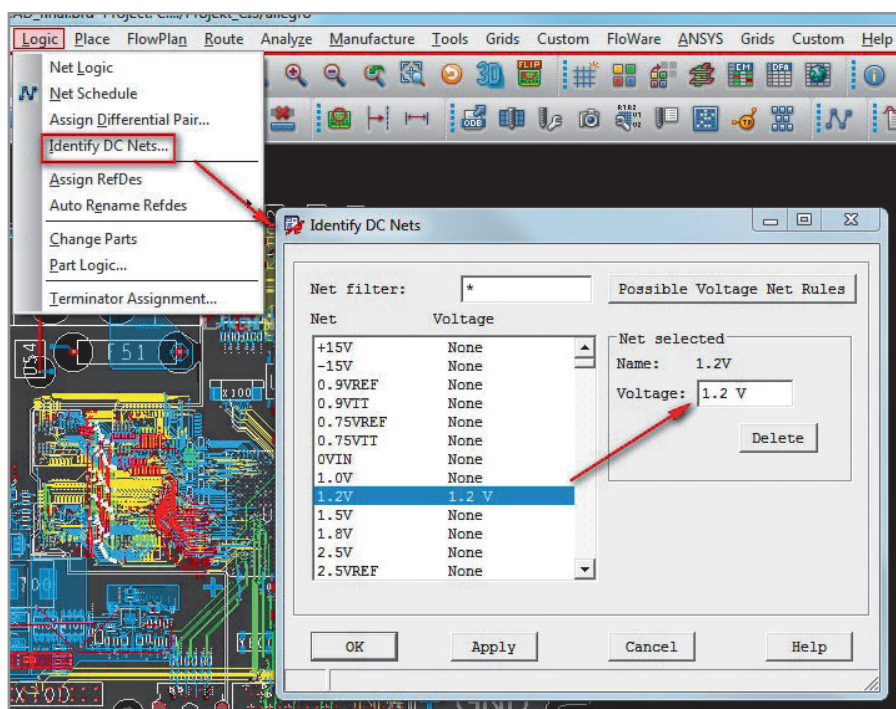


Рис. 4. Окно Identify DC Nets

также является ключевым для описания расширенных цепей. В дополнение к этому присваивается свойство RATSNEST_SCHEDULE со значением POWER_AND_GROUND. Это означает, что для данной цепи на

плате не будут отражаться предтрассировочные линии связи. Свойство RATSNEST_SCHEDULE можно отключить через меню Edit – Properties или Edit – Net Properties (включает Constraint Manager).

После того как стек слоев определен и назначено свойство VOLTAGE для питающих цепей, необходимо назначить класс устройствам на плате через специальное свойство CLASS. Поддерживаются три основных класса: IC – для активных компонентов, IO – для разъемов и DISCRETE – для пассивных компонентов. Данная информация может храниться в библиотеках соответствующих устройств. В этом случае данный шаг в настройке проекта можно пропустить. Правильная идентификация расширенных цепей зависит от того, указано ли свойство CLASS для резисторов, конденсаторов и индуктивностей со значением DISCRETE. Чтобы проверить класс для всех компонентов на плате можно воспользоваться стандартным отчетом Bill of Materials через меню Tools – Reports. Если в качестве схемного редактора используется Allegro Design Entry CIS (OrCAD Capture CIS), то свойство CLASS удобнее всего назначить через базу данных CIS, выделив для него отдельный столбец с полями значений. Впоследствии оно будет передано на плату в PCB Editor через стандартный файл с описанием компонентов pstchip.dat. Это самый верный способ избежать дополнительных настроек перед использованием высокоскоростных правил проектирования.

В PCB Editor назначить нужный класс вручную для каждого компонента можно через меню Logic – Part Logic (см. рис. 5).

В появившемся окне в секции Part Selection Area выберите нужный компонент, при этом в нижней части окна в секции Part Modification Area появится возможность присвоить соответствующий класс и ряд других свойств. Переключатель Sort By позволяет отсортировать компоненты в списке по типу устройства и по позиционному обозначению, для удобства можно задать фильтр через RefDes/Device Filter. Необходимо обратить внимание, что меню Logic – Part Logic станет доступным, если включить переменную logic_edit_enabled через диалоговое окно Setup – User Preferences в категории Logic.

Четвёртый шаг в настройке базы данных проекта – это указание кода для выводов компонентов. Этот код указывается через свойство PINUSE, которое есть у каждого компонента на схеме и плате. Данное свойство не менее важно, как и класс устройства, поскольку позволяет программе определять выводы источников и выводы приёмников сиг-

нала, а также выводы дискретных компонентов. Это оказывает решающее воздействие на передачу топологии цепи в программу для анализа целостности сигнала Allegro PCB SI Signal Explorer. Как и в случае со свойством CLASS, PINUSE лучше всего задавать на уровне базы данных CIS либо на уровне библиотеки компонента. Для правильного определения расширенных цепей у всех дискретных компонентов PINUSE должно иметь значение UNSPEC.

Значение для свойства PINUSE может быть задано в проекте топологии в редакторе Allegro PCB SI через меню Logic – Pin Type. Принцип работы здесь такой же, как и при работе с меню Logic – Part Logic. Меню Logic – Pin Type доступно только пользователям OrCAD/Allegro PCB SI (см. рис. 6).

Завершающим этапом в настройке расширенных цепей для использования их в Constraint Manager и при анализе целостности сигналов является назначение сигнальных ESpice моделей для пассивных компонентов на плате. Если эти модели не назначены, то Xnets созданы не будут. Для быстрого создания и назначения ESpice моделей дискретным компонентам можно воспользоваться меню Analyze – Model Assignment (см. рис. 7), которое доступно в PCB Editor.

В появившемся окне достаточно нажать на кнопку Auto Setup, чтобы ESpice модели были присвоены всем дискретным компонентам, которые удовлетворяют следующим условиям:

- имеют дискретный класс устройств (CLASS=DISCRETE);
- имеют не нулевое значение у свойства VALUE;
- ещё не имеют ESpice модели.

В зависимости от позиционного обозначения и значения VALUE модели резистора, конденсатора или индуктивности будут созданы и присвоены соответствующему компоненту на плате. Именно поэтому так важно на ранних этапах указывать значения для VALUE и CLASS.

ESpice модели будут храниться в базе проекта и в специальном файле devices.dml. Эти сигнальные модели для дискретных компонентов позволят PCB Editor или PCB SI распознать расширенные цепи, которые проходят через данные дискретные устройства или соединяются через них с питающими цепями. При этом у дискретных компонентов появляется дополнительное свойство SIGNAL_MODEL, содержащее ссылку на конкретную сигналь-

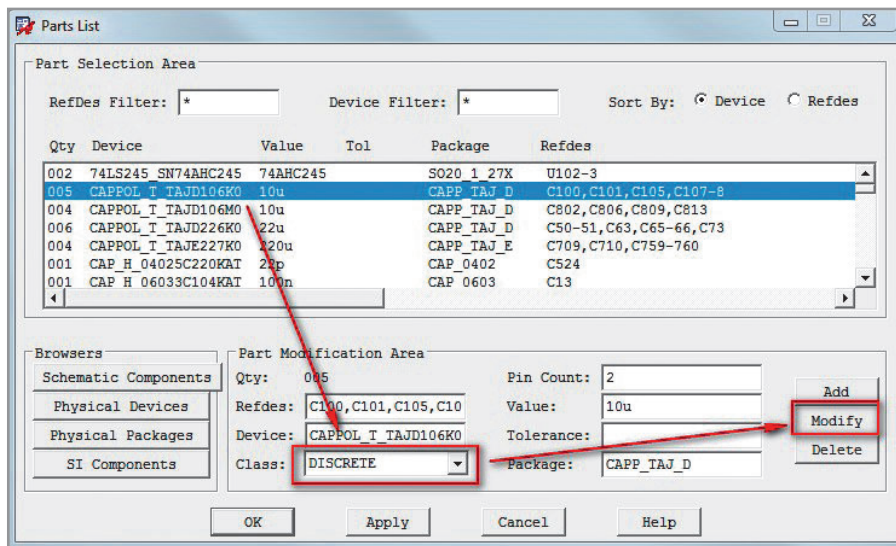


Рис. 5. Назначение класса устройств через меню Logic – Part Logic

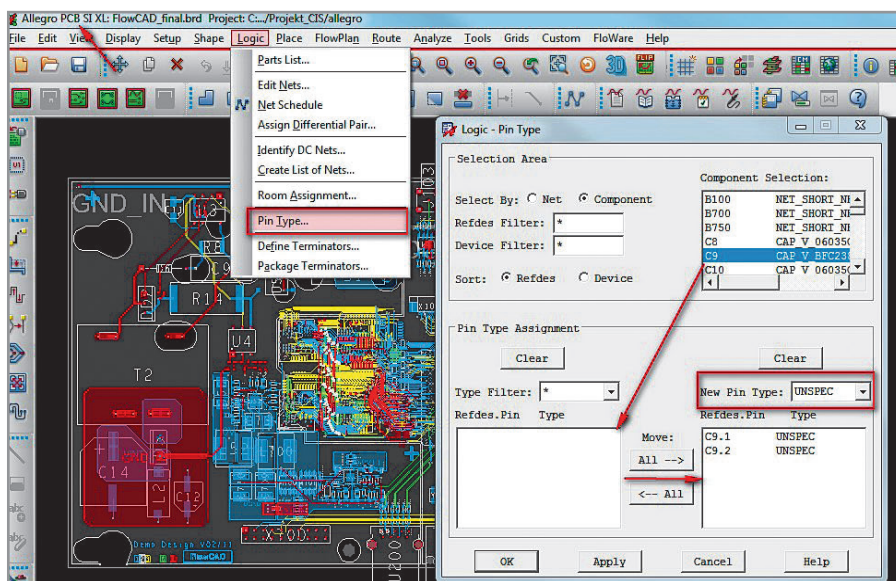


Рис. 6. Установка свойства PINUSE для выводов компонентов в меню Logic – Pin Type в редакторе Allegro PCB SI

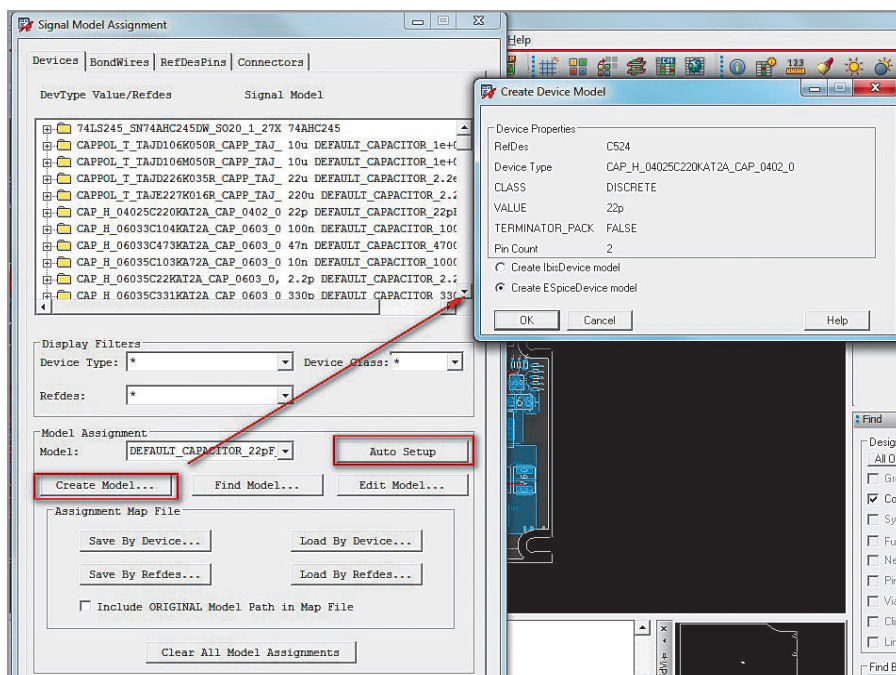


Рис. 7. Назначение сигнальных моделей компонентам через меню Analyze – Model Assignment

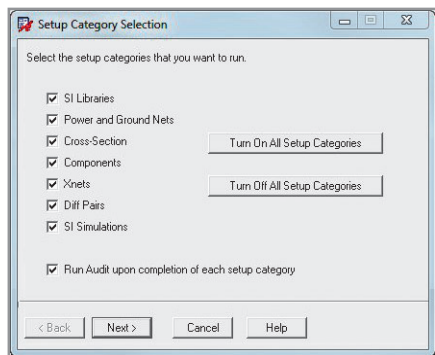


Рис. 8. Окно помощника по настройке проекта в Allegro PCB Editor

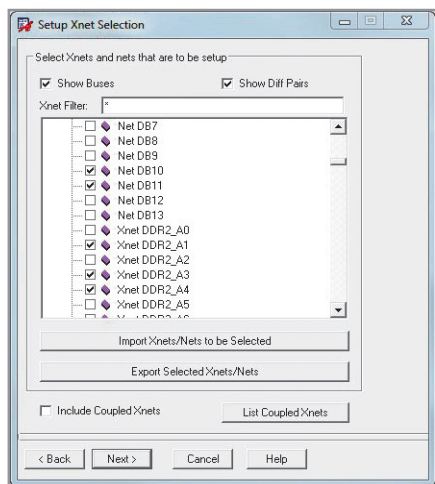


Рис. 9. Панель SI Design Setup Wizard для выбора высокоскоростных цепей

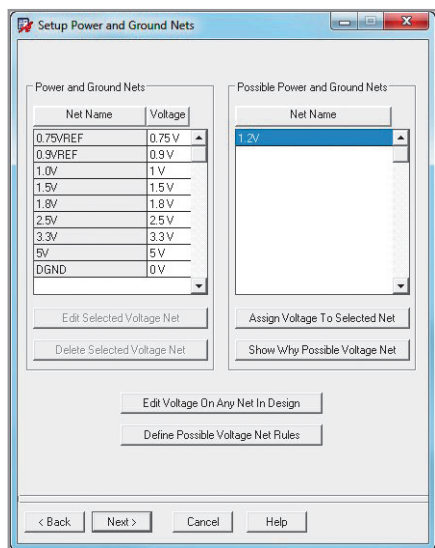


Рис. 10. Настройка цепей питания и заземления через SI Design Setup Wizard

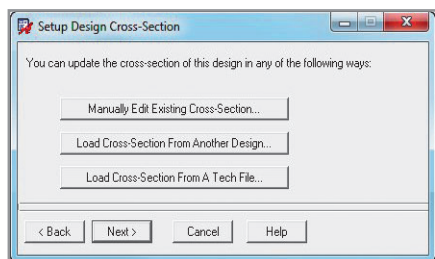


Рис. 11. Настройка стека слоёв платы через SI Design Setup Wizard

ную ESpice модель. По команде меню Analyze – Model Dump/Refresh есть возможность синхронизировать модели в базе данных проекта с библиотеками, которые хранятся на диске.

Итак, мы рассмотрели все пять необходимых шагов для настройки проекта перед использованием Constraint Manager. Для удобства все эти настройки можно произвести через единый встроенный помощник, что избавляет от необходимости запоминать местоположение каждой настройки в различных меню программы. Помощник можно вызвать в PCB Editor через меню Setup – SI Design Setup (см. рис. 8). Все стадии настройки проекта, которые рассматривались выше, в данном случае можно пройти через единое окно данных. Дополнительно здесь же можно настроить библиотеки компонентов для анализа целостности сигналов и дифференциальные пары. Опция Run Audit upon completion of each setup category позволяет проверить точность вводимых данных на каждом шаге по окончании настроек.

Из всех категорий настроек можно выбрать только те, которые необходимы для установки. Остановимся подробнее на каждой из них.

Первая панель SI Design Setup Wizard позволяет выбрать цепи и расширенные цепи, которые требуют дополнительных настроек (см. рис. 9). По умолчанию выбраны все цепи проекта. Задача разработчика заключается в том, чтобы выбрать только критичные высокоскоростные цепи, на которые будут наложены ограничения в Constraint Manager.

Это снизит вероятность ошибки и повысит эффективность от использования системы ограничений. Здесь также можно импортировать или экспортировать список цепей для установки. Список цепей – это простой текстовый файл, где каждая строка – это имя цепи. После его загрузки остаются выделенными только те цепи, которые были в списке, все остальные будут проигнорированы. Опция Include Coupled Xnets является важной для подготовки проекта к анализу целостности сигналов в PCB SI и не требуется для работы с Constraint Manager.

На второй панели помощника появляется возможность настройки цепей питания и заземления так, как это было рассмотрено выше через меню Logic – Identify DC Nets (см. рис. 10).

В левой части данной панели перечислены все силовые цепи, которым присвоено значение VOLTAGE. В пра-

вом списке – цепи, которые рассматриваются программой как потенциально силовые, но еще не имеющие значения VOLTAGE. Кнопка Assign Voltage o Selected Net позволяет назначить VOLTAGE выбранной цепи и перенести ее в левый список. Отредактировать значение VOLTAGE можно через Edit Voltage On Any Net In Design.

Третья панель позволяет отредактировать стек слоёв у печатной платы либо загрузить параметры стека из другого проекта или технологического файла (см. рис. 11).

Четвёртая панель позволяет назначить класс компонента на плате. Здесь стоит еще раз отметить, если библиотеки компонентов уже содержат данную информацию, а именно свойства CLASS и PINUSE, то данный шаг можно пропустить. В противном случае через данную панель можно быстро перераспределить классы между устройствами. Для этого достаточно отметить группу одинаковых устройств меткой и нажать на одну из кнопок в секции Change Selected Component Devices To в нижней части панели. В этом случае выбранные устройства переместятся в указанную секцию в списке Component Device Classes (см. рис. 12).

Важным моментом здесь является то, что при изменении класса устройств меняется и тип выводов этих устройств. Например, при изменении класса на DISCRETE у выбранных компонентов меняется и тип их выводов на UNSPEC.

Пятая панель позволяет назначить ESpice модели устройствам класса DISCRETE. Здесь всё интуитивно понятно, и не требуется дополнительных разъяснений.

Последняя, шестая, панель SI Design Setup Wizard даёт возможность запустить проверку базы проекта на предмет её готовности к работе с Constraint Manager и анализа целостности сигналов. Запуск проверки происходит по нажатию на кнопку Run SI Design Audit, при этом на экране появится список ошибок и их состояние (см. рис. 13).

Ошибка может находиться в трех состояниях – решена (Resolved), не решена (Unresolved) и проигнорирована (Ignored). Фильтр для различных типов ошибок и их состояний можно поместить в поле Test Filter и Status Filter соответственно. Если выбрать группу ошибок в списке, то станут активными две опции, расположенные в нижней части окна – Resolve Errors и Ignore Errors. В первом случае у пользователя

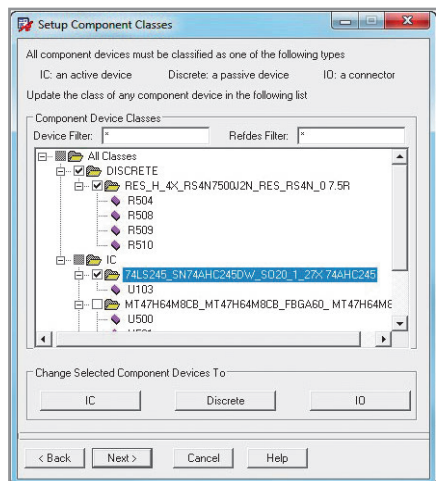


Рис. 12. Указание класса устройств через SI Design Setup Wizard

есть возможность запустить механизм автоматического исправления ошибок. Кнопка **Manually** вернёт пользователя на тот этап настройки проекта, где системой была обнаружена ошибка. Также по клавише **Report** можно вывести отчёт о выявленных ошибках в настройке базы данных проекта.

Таким образом, настройка базы данных может быть произведена через набор индивидуальных команд или использованием встроенного программного помощника. Точный расчёт за-

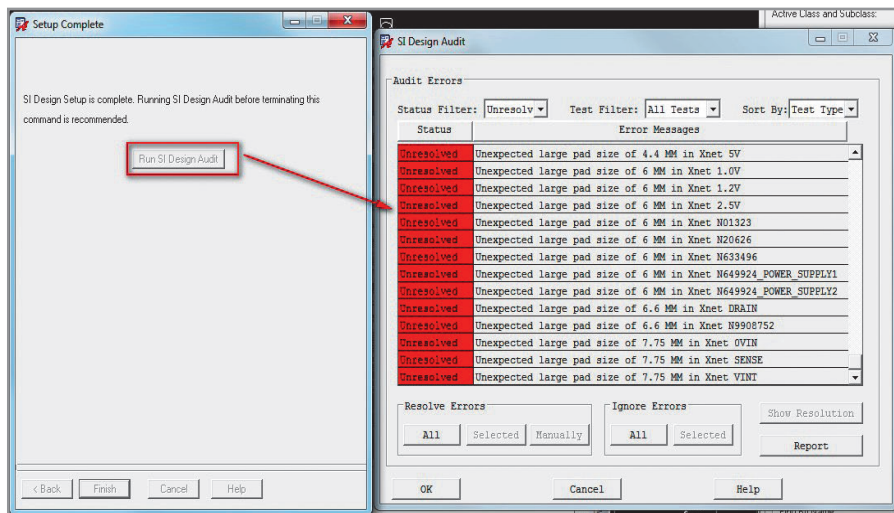


Рис. 13. Проверка настройки базы данных проекта на наличие ошибок

держки распространения сигнала и импеданса проводников требует правильной настройки стека слоёв и расширенных цепей. Цепи питания должны иметь свойство **VOLTAGE**, которому в свою очередь необходимо присвоить значение. Для пассивных компонентов должен быть присвоен дискретный класс устройств, т.е. **CLASS=DISCRETE**. Выводы пассивных компонентов должны иметь свойство **PINUSE** со значением **UNSPEC**. Каждому пассивному компоненту должна быть присвоена **ESpice**

модель. От того, насколько правильно и точно были созданы библиотеки компонентов, зависит трудоёмкость настройки проекта на физическом уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Allegro PCB Design Flows. Product Version 16.5, Cadence Help, 2011
2. Wilke B., «Start with electrical constraining», Flowcad Application Note, 2009. URL: http://www.flowcad.ch/cms/upload/Application-Notes/FlowCAD_AN_PCB_start_el_cset.pdf
3. www.cadence.com

Электроника → Транспорт

2013

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ЭлектроТранс 2013
[Http://www.electrotrans-expo.ru](http://www.electrotrans-expo.ru)

CityBus 2013
[Http://www.citybus-expo.ru](http://www.citybus-expo.ru)

22-24 мая 2013 г.
Москва, ВВЦ

Тематика:

- Системы диспетчеризации и управления транспортным парком (грузовые автоперевозки, пассажирский транспорт, такси, спецтранспорт)
- Комплексы навигации и связи
- Системы безопасности и видеонаблюдения
- Системы контроля пассажиропотока
- Системы оплаты проезда
- Технологии снижения расхода топлива
- Информационные системы для пассажиров
- Автоматика, телемеханика
- Измерительные и диагностические приборы
- Силовая электроника для транспорта
- Электронные, электротехнические компоненты

Конференция:
 “Практические особенности внедрения навигационно-информационных технологий на современном транспортном предприятии”
 Организатор: “Профессиональные Конференции”, тел. +7(495) 66-324-66

ПОДДЕРЖКА:

Оргкомитет:
 +7(495) 287-4412
[Http://www.e-transport.ru](http://www.e-transport.ru)

Реклама

Актуальные вопросы, возникающие при разработке светодиодных светильников

Сергей Матвеев (Санкт-Петербург)

При разработке светодиодных приборов освещения инженеры сталкиваются с техническими проблемами, связанными с технологией изготовления элементной базы. Для решения некоторых задач бывает достаточно консультации специалиста. Руководитель отдела разработки компании IntiLED ответил на наиболее популярные вопросы.

Можно ли получить чистый белый цвет путём смешения цветов R+G+B применительно к светодиодному светильнику? Каким образом можно приблизить получаемый белый цвет к идеальному?

Теоретически это возможно, а вот на практике приходится сталкиваться с рядом ограничений, которые препятствуют получению идеального результата. Рассмотрим факторы, влияющие на чистоту белого цвета, получаемого путём смешения трёх RGB-компонентов применительно к светодиодному светильнику с вторичной оптикой, а также решения, позволяющие минимизировать влияние данных факторов.

Первое – это разброс параметров светодиодов по двум основным характеристикам: световому потоку и длине волны излучения. Даже при использовании светодиодов одной партии и одной группы всегда возможен разброс этих параметров. Таким образом, собранные светодиодные модули изначально немного отличаются друг от друга. Данная проблема решается путём калибровки смонтированных светодиодных модулей с подстройкой баланса белого и сохранением калибровочных коэффициентов в энергонезависимой памяти модуля либо све-

тильника, если проводится калибровка светильника целиком.

Второе – зависимость этих же параметров от температуры, причём различная для кристаллов разных цветов (см. рис. 1). Данная проблема решается путём использования программных средств и введения температурной коррекции.

Третье – изменение указанных параметров по мере старения светодиода. Также решается программными средствами на основе аппроксимации предоставляемых производителем сведений о динамике старения светодиодов.

Необходимо отметить, что первые три проблемы могут быть решены и другим способом – наличием в системе обратной связи от цветовых датчиков, но их применение не всегда возможно из-за конструктивных и функциональных особенностей светильника. Кроме того, применение данных механизмов требует возможности управлять каждым светодиодом в отдельности, что приводит к существенному усложнению схемы.

Четвёртое – зависимость геометрии выхода света после вторичной оптики от длины волны излучения. По этой причине при использовании одинаковых линз на светодиодах разного цвета мы получаем несопадающее распределение света. На сегодняшний день при решении данной проблемы приходится либо мириться с тем, что производители вторичной оптики не делают различия при разработке линз для светодиодов с разной длиной волны, либо в некоторых случаях использовать рефлекторы вместо коллиматоров, поскольку проблема возникает в основном при использовании оптики с узкой диаграммой.

Пятое – существование допусков по точности изготовления оптической системы, а именно:

- расположение кристалла на подложке и размеры самого кристалла;
- позиционирование первичной оптики (силиконовой линзы) относительно кристалла;
- позиционирование корпуса светодиода на печатной плате;
- позиционирование вторичной оптики относительно светодиода.

Данную проблему можно частично решить лишь путём уменьшения допусков во всей технологической цепочке изготовления оптической системы.

Шестое – смешение цветов происходит от разнесённых в пространстве источников света, поэтому существует зона несмещения цвета вблизи источников, а также так называемые краевые эффекты – искажение цвета на крайних областях диаграммы распределения света.

Решением может стать применение дополнительных рассеивающих материалов: плёнок, матовых стёкол, вторичной оптики с рассеивающими элементами. Однако это снижает эффективность светильника и не всегда применимо для узких диаграмм.

Седьмое – неоднородное загрязнение поверхности выхода света светильника в процессе эксплуатации либо появление на поверхности капель воды, приводящее к нарушению баланса цветовых компонентов. Лучшие результаты в решении данной проблемы показывает применение полноцветных светодиодов с общей вторичной оптикой, поскольку из светильника выходит уже смешанный цвет и локальные загрязнения не искажают цвет, а лишь изменяют его интенсивность. Это решение хорошо зарекомендовало себя для оптики с относительно широкой (>20 град.) диаграммой. На более узких диаграммах общая картина хуже, чем при использовании отдельных линз для каждого светодиода. Кроме того, в данном случае имеет место влияние на температуру кристаллов их «соседей» по подложке, что усложняет решение проблем программной цветокоррекции.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что достижение

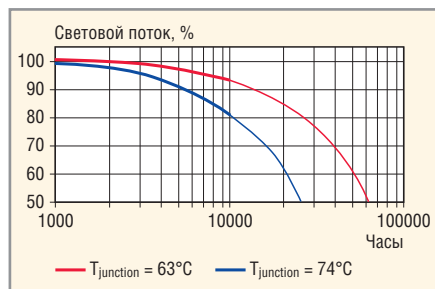


Рис. 1. График зависимости величины светового потока и срока службы от температуры кристалла (на примере температур 63 и 74°C) для светодиода белого цвета

чистого белого цвета путём смешения цветов R+G+B на практике реализовать трудно, однако никто не мешает производителям всеми возможными способами стремиться к идеальным показателям.

Влияет ли расположение светодиодов в RGB- и RGBW-осветительных приборах на чистоту цвета и количество краевых эффектов?

Безусловно, влияет. Для улучшения цветосмешения и уменьшения нежелательных световых эффектов необходимо размещать светодиоды таким образом, чтобы они представляли собой скомпенсированные группы. Примеры такого расположения светодиодов разных цветов показаны на рисунках 2 и 3. Это позволяет достигнуть оптимального смешения цвета и свести к минимуму нежелательные световые эффекты.

Как избежать образования наледи на стекле, когда светильник светит снизу вверх?

Наледь на стекле образуется при остывании светильника после отключения во время осадков. Вред от наледи очевиден – уменьшается яркость светильника, полностью изменяются кривые силы света (КСС), могут искажаться другие световые характеристики.

Для предотвращения образования наледи светильник не должен иметь бортов существенно выше поверхности стекла, чтобы исключить скопление воды. Желательно также избегать строго горизонтального расположения светильника. Данные меры позволяют уменьшить вероятность образования наледи, но не могут служить панацеей от этого неприятного явления.

В отличие от традиционных источников света, светодиодные светильники имеют низкую температуру поверхности выхода света и не в состоянии растопить образовавшуюся наледь при низкой температуре окружающей среды. В данном случае проблему можно полностью решить подогревом стекла светильника дополнительными нагревательными элементами.

Световой поток светодиода и световой поток светильника: в чём практическая разница между этими двумя понятиями? Какие факторы влияют на световой поток светодиодного модуля?

Для начала необходимо вспомнить следующие определения:

- световой поток – это количество световой энергии;
- световой поток светодиода – количество световой энергии, испускаемой светодиодом (см. рис. 4);
- световой поток светильника – количество световой энергии, испускаемой светильником.

Если о световом потоке светодиода обычно известно из документации производителя, то световой поток изделия можно узнать в документации производителя изделия либо по результатам испытаний третьей стороной, при этом чаще всего показатели будут различаться.

Можно ли теоретически получить точную величину светового потока светильника? Кажется бы, он должен быть равен сумме значений световых потоков светодиодов, используемых в изделии.

На практике это не так, хотя многие производители используют именно такие примитивные вычисления. Чаще всего при подобном «теоретическом» подсчёте используются величины светового потока светодиодов с наилучшими в своей серии показателями. Однако надо понимать, что не бывает одинаковых светодиодов: производители осуществляют их ранжирование в том числе и по световому потоку, и количество рангов может превышать три, а отличие между рангами – достигать 10%. В таком случае совершенно очевидно, что отличие величин светового потока светодиода между крайними рангами может превышать 20%. Но недобросовестный производитель, скорее всего, укажет световой поток изделия с учётом использования светодиодов с максимальным рангом.

Кроме того, при подобном «теоретическом» вычислении светового потока можно случайно или специально забыть о том, что данная величина понижается с ростом температуры кристалла, что неизбежно для мощных светодиодов. Большинство производителей светодиодов указывают номинальный световой поток, измеренный при температуре кристалла 25°C, но его рабочая температура около 80...90°C. Из-за тепловых потерь световой поток снижается на 10%.

Помимо тепловых потерь, необходимо учитывать оптические потери на переходе границ сред (такими границами могут быть вторичная оптика, защитное стекло или поликарбонат, «оп-

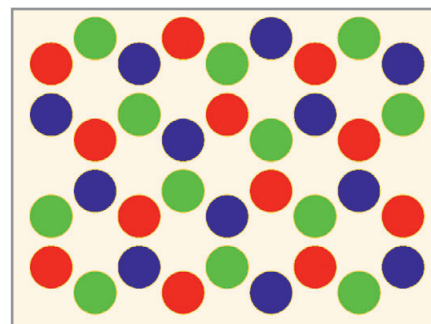


Рис. 2. Схема расположения RGB-светодиодов в прожекторе IntiSTAR

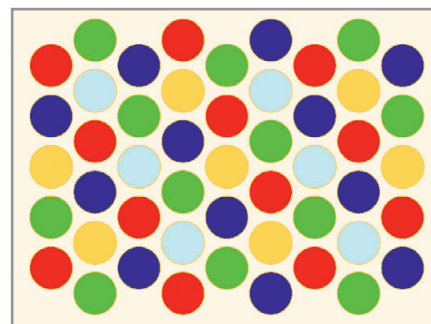


Рис. 3. Схема расположения RGBW-светодиодов с регулируемой цветовой температурой в прожекторе IntiSTAR

Установлены тёплые и холодные белые светодиоды

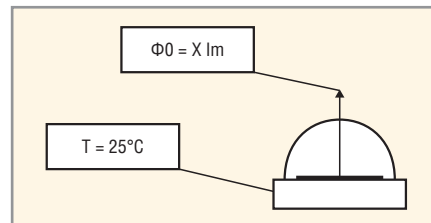


Рис. 4. Световой поток светодиода

тически-прозрачный» компаунд). В лучшем случае применение такого дополнительного оптического «барьера» поглощает около 10% суммарного светового потока.

Дополнительным фактором является время работы, приводящее как к деградации кристалла светодиода, так и к прозрачности оптических барьеров (см. рис. 5).

Единственно правильным решением для определения светового потока светильника будет испытание изделия в специализированной лаборатории и получение объективных результатов испытаний. В технических характеристиках светодиодных светильников необходимо указывать как световой поток светодиода, так и изделия целиком, с учётом факторов, снижающих световой поток светодиодного модуля, – потерь на вторичной оптике и защитных стёклах, а также внутренних переотражений.

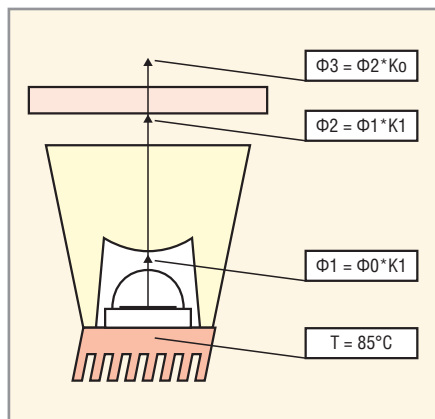


Рис. 5. Факторы, влияющие на снижение светового потока светодиода

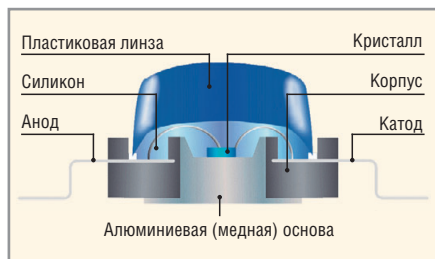


Рис. 6. Конструкция светодиода

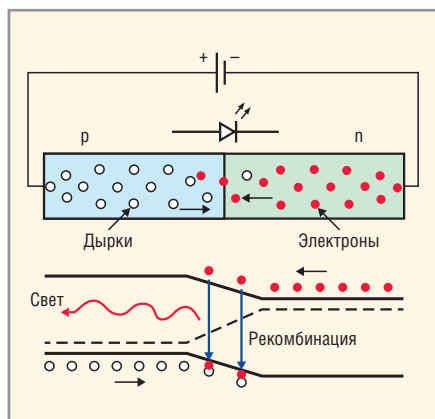


Рис. 7. Схема p–n-перехода

Существует ли взаимосвязь между цветом свечения светодиода и сроком его службы?

Да, взаимосвязь существует. Белые светодиоды имеют меньший срок службы. Основой светодиода белого цвета свечения является структура InGaN (синий цвет) и нанесённый сверху люминофор (специальный состав), излучающий в широком диапазоне спектра и имеющий максимум в его жёлтой части. Человеческий глаз комбинацию такого рода воспринимает как белый цвет. Это на данный момент наиболее простой и дешёвый способ получения белого света.

Однако люминофор ухудшает тепловые характеристики светодиода, поэтому срок службы сокращается. Дегградация люминофора приводит не

только к уменьшению яркости светодиода, но и к изменению оттенка его свечения. При сильной дегградации люминофора хорошо заметен синий оттенок свечения. Это связано как с изменением свойств люминофора, так и с тем, что в спектре начинает доминировать собственное излучение кристалла.

Если же говорить о сроках службы светодиодов с различными типами подложек, то более стойкими к дегградации параметров являются AlGaInP- и AeGaAs-светодиоды, т.е. красные и жёлтые; менее стойкими – InGaN, т.е. зелёные, синие и белые. Большинство InGaN/GaN-светодиодов изготавливается на сапфировых подложках, которые являются диэлектриками, что приводит к появлению остаточного электрического заряда и делает светодиод более чувствительным к повреждениям, вызванным электростатическим разрядом и перегрузкой.

Когда эффективность светодиодов достигнет 60...70%? Каковы перспективы повышения КПД светодиодов и модулей?

Давайте уточним, что эффективностью мы можем считать как светоотдачу (отношение светового потока к потребляемой энергии), так и стоимость одного люмена (отношение светового потока к цене светодиода или светодиодного источника света). Для улучшения обеих характеристик эффективности светодиодов существует несколько путей.

Прежде всего, это внутренний и внешний квантовый выход кристалла. На сегодняшний день высокими величинами для внешнего квантового выхода считаются 35% для синих светодиодов и 55% для красных. Внутренний выход теоретически можно приблизить к 100%. Стало быть, только за счёт повышения внешнего квантового выхода можно увеличить световую отдачу светодиодов в 2–3 раза и, соответственно, снизить цену одного люмена. С этой целью учёные ищут новые, более согласованные с кристаллической решёткой полупроводника материалы подложки. Сейчас, как известно, используется сапфир Al2O3. Карбид кремния SiC подошёл бы лучше, поскольку у него и постоянная решётки прекрасно согласована с постоянной решётки GaN, и высокая теплопроводность создаёт преимущества для отвода тепла, но он чрезвычайно

дорог. Возможно, удастся сочетать дешёвый кремний с буферными прослойками из карбида кремния. Это позволило бы совместить технологию оптоэлектронных устройств на основе нитридов с планарной технологией производства кремниевых кристаллов. Но существует проблема, которую придётся решить: карбид кремния непрозрачен, а значит, подложка не будет просветной, как сейчас, – её придётся делать зеркальной.

Существуют возможности для улучшения конструкции светодиода (см. рис. 6) и состава люминофора, но во втором случае максимальный выигрыш невелик – речь идёт о единицах процентов.

Далее, для усиления светового потока можно было бы увеличить число электронно-дырочных пар, рекомбинирующих в зоне p–n-перехода в единицу времени (см. рис. 7). Для этого необходимо увеличить ток через кристалл. Какие тут существуют ограничения?

Верхний предел плотности тока устанавливает, во-первых, снижение срока службы светодиода, а во-вторых – уменьшение квантового выхода из-за возрастания числа дефектов кристаллической решетки, на которых пары рекомбинируют без излучения. В обоих случаях причиной является нагрев кристалла и p–n-перехода. Таким образом, большое значение приобретают хороший теплоотвод, низкоомные контакты и переход на более «горячий» нитрид галлия взамен арсенида галлия. Все эти факторы позволяют повысить ток и мощность на одну лампу приблизительно в семь раз.

Если плотность тока уже максимальная, останется возможность увеличить площадь кристалла. Сейчас используются кристаллы площадью до 1 мм². Дальше пока пойти не удастся, потому что на больших контактах возникает неравномерность распределения плотности тока, локальный перегрев и, как следствие, разрушение кристалла. Использование контактов с гребенчатой структурой представляет собой проблему, потому что на контактах теряется свет. На сегодняшний день выход найден в использовании многокристалльных светодиодов.

Помимо повышения КПД самих светодиодов, можно и нужно увеличивать срок службы производимых светодиодных светильников.



10-12
АПРЕЛЯ 2013

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
КРОКУС ЭКСПО
МОСКВА

 **ufi**
Approved
Event

ВСЕ ЦВЕТ
ЭЛЕКТРОНИКИ

Е • Х • Р • О 
Е • Л • Е • К • Т • Р • О • Н • И • К • А

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

Организаторы:



При участии:



Реклама

www.expoelectronica.ru

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

Samsung потребовала отмены семи OLED-патентов LG Display

Патентный конфликт компаний Samsung и LG Display получил новое продолжение. Представитель Samsung объявил об обращении в местный суд по поводу признания семи патентов компании LG Display, касающихся технологий OLED, недействительными в связи с отсутствием инноваций.

Эти патенты фигурировали в иске LG Display, поданном в суд центрального округа Сеула в сентябре 2012 года. В нём LG Display утверждает, что Samsung нарушает её авторские права на технологии OLED в выпускаемых планшетах и смартфонах. В связи с этим LG Display потребовала возместить нанесённый ущерб, а также запретить продажу этих устройств в Южной Корее.

Немного раньше Samsung обвинила LG Display в участии в хищении 18 разработок, тоже касающихся технологии OLED. В этом хищении, произошедшем в прошлом году, из одиннадцати разработчиков, связанных с Samsung Display, шесть якобы сотрудничали с LG Display. По подсчётам Samsung, в связи с утечкой информации ей был нанесён ущерб из расчёта 1 млрд вон (\$920 тысяч) за каждую из разработок.

www.cnet.com

Суд Токио утвердил сделку по покупке Elpida фирмой Micron

Согласно данным новостного агентства Reuters, ссылающегося на сообщение сайта Elpida, окружной суд Токио одобрил план реорганизации компанией Micron обанкротившегося японского производителя модулей памяти Elpida Memory. Для завершения сделки по приобретению Elpida необходимо теперь получить одобрение плана кредиторами японской компании, а также американским судом.

По неизвестным пока причинам суд Токио отклонил план возрождения Elpida группы держателей бонов, возглавляемой хедж-фондами Linden Advisors, Owl Creek Asset Management и Taconic Capital Advisors. Эта группа выступила с заявлением, в котором утверждается, что согласованная цена в размере \$2,5 млрд явно занижена, так как по её оценкам, стоимость Elpida составляет не менее 300 млрд иен (\$ 3,78 млрд).

В связи с этим группа сообщила, что будет голосовать против плана и призвала поступить так же других кредиторов, включая кредиторов, имеющих обеспечение долга, коммерческих кредиторов и индивидуальных владельцев долговых обязательств Elpida.

Американский суд обвинил Elpida в недостаточном информировании своих кре-

диторов. Как ожидается, сделка, которая превратит Micron во второго по величине производителя чипов памяти DRAM, будет завершена во второй половине 2013 г.

www.reuters.com

AU Optronics на два поколения впереди китайских технологий

В связи с разразившимся в середине октября скандалом по поводу передачи двумя бывшими ведущими специалистами AU Optronics технологических секретов компании новому работодателю – China Star Optoelectronics Technology (CSOT), президент AUO Пол Пенг (Paul Peng) заявил, что по уровню развития технологий его компания опережает китайских конкурентов на два поколения.

Он выразил мнение, что китайская индустрия ЖК-панелей, добившаяся за последнее время значительных результатов, несмотря на заметное увеличение научно-технического персонала по-прежнему выпускает продукцию низкого технического уровня.

Пол Пенг подчеркнул несомненную важность коллективной работы в производстве панелей. Она включает в себя множество факторов, касающихся производственных мощностей, технологий, снабжения и управления человеческими ресурсами, ни на один из которых несколько человек просто не смогут повлиять. И технического перевооружения вряд ли добьёшься, переманив к себе одного или двух сотрудников из конкурирующей компании.

Как утверждает Пенг, в производстве панелей есть два направления продвижения вперед. Первое связано с жёсткой конкуренцией в сегменте бюджетных решений, второе предполагает повышение прибыльности производства благодаря разработке и внедрению hi-end технологий. Для AUO приоритетным является курс на выпуск высокотехнологичной продукции.

www.digitimes.com

Qualcomm, Sharp и Foxconn: новый альянс в производстве дисплеев и телевизионной продукции?

Несмотря на экономические трудности компании, технологии и производство Sharp остаются ликвидными «продуктами» на рынке.

Компания Qualcomm сообщила о расширении сотрудничества своего подразделения Pixtronix и компании Sharp Corporation в разработке и коммерциализации технологии производства высококачественных дисплеев на базе MEMS-разработок Pix-

tronix и технологии IGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) компании Sharp.

С экономической точки зрения Qualcomm по завершении сделки может стать акционером Sharp, вложив в японскую компанию около 120 млн долларов и получив 5% акций.

На крупный пакет акций Sharp претендует также Hon Hai Precision Industry, владеющая торговой маркой Foxconn.

Комментируя инвестиции Qualcomm в Sharp, председатель Foxconn Electronics Терри Гуо отметил, что Sharp уведомила о них Foxconn ещё до объявления, и, по его предположениям, сотрудничество между Qualcomm, Sharp и Foxconn создаст новый «треугольник» поставщиков в отрасли.

Foxconn на данный момент обладает правами на приобретение доли Sharp в 9,9%, и соглашения обеих компаний действительны до 31 марта 2013 года. Ожидается, что Foxconn примет решение до этой даты. Считается, что активы Sharp нужны Foxconn для выхода на рынок телевизионной техники.

Гуо оптимистично настроен по поводу сделки Qualcomm, и, по его мнению, технологии Qualcomm MEMS и Sharp IGZO могут быть улучшены за счёт сотрудничества, а совместно компании смогут разработать технологию производства следующего поколения.

www.overclockers.ru, www.astera.ru

«Нанокем системс ПТЕ. Лтд» собирается приобрести 75% уставного капитала новосибирского «Лиотех»

Завод «Лиотех» по производству аккумуляторных батарей является совместным предприятием «Роснано» и китайской Thunder Sky Group. Серийное производство продукции началось в марте 2012 года, а к 2015 году объём продаж батарей должен превысить 35 млрд рублей в год, причем 80% продукции предполагается экспортировать. Объясняя выбор Новосибирска как места для размещения завода, управляющий директор «Лиотеха» Майкл Буш говорил: было принято во внимание, что в нашем городе находится Институт твердого тела и механохимии СО РАН, который вёл разработки катодного материала, являющегося ключевым компонентом в производстве аккумуляторов. Пока неясно, кто из участников проекта намерен продать свои доли в «Лиотехе». По мнению генерального директора иркутской компании RuLink Сергея Михайлова, «Нанокем системс ПТЕ. Лтд» является «офшорной компанией», которая не ведёт какой-либо реальной деятельности.

www.academ.info

Источники питания для монтажа на плату

- ✓ Низкая стоимость
- ✓ Высокая надёжность
- ✓ Короткое время выполнения заказа
- ✓ Стандартная площадь посадочного места
- ✓ Наивысшая удельная мощность



**5 Вт
AC/DC
с площадью
1"×1"**

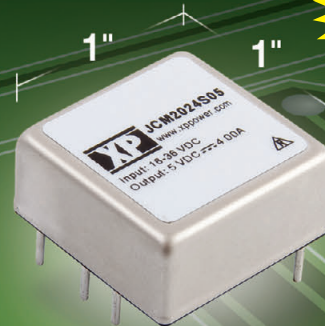
Маломощные источники питания AC/DC для установки на плату



- Серия ECE**
- От 5 до 40 Вт
 - Ультратонкие с площадью от 1"×1"
 - Герметизированные
 - Одно- и двухканальные модели
 - Потребляемая мощность на холостом ходу < 0,3 Вт



- Серия ECL**
- От 5 до 30 Вт
 - Ультратонкие
 - Одно- и многоканальные модели
 - Герметизированное и открытое исполнение
 - Потребляемая мощность на холостом ходу < 0,3 Вт



**20 Вт
DC/DC
с площадью
1"×1"**

Серии DC/DC-преобразователей в стандартном исполнении



- От 1 до 3 Вт**
- Корпуса SIP и DIP
 - Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
 - Входы 2:1, 4:1 и ±10%
 - Гальваническая развязка вход-выход от 500 В до 6 кВ



- От 2 до 6 Вт**
- Площади оснований 1"×1", 1"×2", 2"×2" и DIP-24
 - Одно-, двух- и трёхканальные модели со стабилизированными напряжениями
 - Широкий диапазон входного напряжения 2:1 и 4:1
 - Гальваническая развязка вход-выход до 3,5 кВ



- Соответствие требованиям медицинских стандартов**
- От 3 до 10 Вт
 - IEC60601-1, 3-е издание
 - Усиленная изоляция 4000 В (переменный ток)
 - Ток утечки на пациента 2 мкА



- Драйверы для светодиодных систем освещения**
- От 5 до 48 Вт
 - Ток нагрузки до 1000 мА
 - Режим генератора тока
 - КПД 95%



- Модели для поверхностного монтажа**
- 1 и 2 Вт
 - Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
 - Входы ±10%, 2:1 и 4:1
 - Одно- и двухканальные модели

Загрузите
интерактивное руководство
по выбору преобразователей AC/DC и DC/DC

www.xppower.com/literature_downloads



Посетите наш сайт и загрузите последний выпуск каталога продукции:
www.prosoft.ru/xp-power



Селектор для загрузки в мобильные устройства



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

Бортовая радиоэлектроника 75 лет назад

Владимир Бартнев (Москва)

В год столетия военно-воздушных сил России было бы уместно вспомнить об одной юбилейной дате, имеющей непосредственное отношение к авиации. Это 75-летие легендарного перелёта Валерия Чкалова и Михаила Громова через Северный полюс в Америку. В данной статье предпринята попытка рассмотреть это событие с исторической точки зрения, проанализировав состояние отечественной радиоэлектроники того времени.

Радиооборудование легендарного самолёта АНТ-25

Если спросить нашего современника о том, что ему известно о событиях 1937 г. в СССР, конечно же, он прежде всего ответит, что это был год жестоких репрессий сталинского режима. И будет по-своему прав. Да, именно так и было. В этот год были репрессированы многие учёные и военачальники, которые были реабилитированы только после смерти Сталина. Эта страшная историческая правда о нашей стране, и о ней нельзя забывать. Но это только одна сторона нашей истории. А ведь была и другая история, поистине героическая, которая вошла в историческую летопись важнейших мировых событий. Почему же эту сторону нашей истории мы замалчиваем и забываем?

Летом 1937 г. на самолёте АНТ-25 экипаж под командованием В.П. Чкалова совершил беспосадочный перелёт Москва – США протяжённостью более 9000 км, а через месяц на другом экземпляре этого самолёта экипаж М.М. Громова почти по такому же

маршруту совершил перелёт протяжённостью более 11 000 км. Эти перелёты принесли мировую славу и самолёту, и советскому самолетостроению.

А начиналось всё 80 лет назад в 1932 г., когда в конструкторском бюро А.Н. Туполева назначили П.О. Сухого руководителем бригады по проектированию и постройке самолёта АНТ-25 (РД) – цельнометаллического моноплана с крылом большого размаха и одним двигателем М-34 (главный конструктор А.А. Микулин). Это была машина-легенда. Именно на ней были установлены рекорды дальности полёта. О том, как это было, лучше прочитать в воспоминаниях участника героических перелётов Г.Ф. Байдукова, Героя Советского Союза, генерал-полковника авиации [1].

Читая этот волнующий рассказ, я старался уделить особое внимание вопросу, каким радиооборудованием был оснащён самолёт АНТ-25 и какую роль оно сыграло в успешном выполнении рекордного перелёта в Америку продолжительностью более 60 ч. На борту АНТ-25 было установлено наи-

более совершенное по тому времени пилотажное и навигационное оборудование: авиагоризонт, гироманитный компас, гиро- и радиополукомпас, авиационный секстант и солнечный указатель курса. Бортовая радиостанция с фиксированными длинами радиоволн обеспечивала дальность передачи сообщений с самолёта до 5000 км и позволяла пеленговать самолёт с земли на удалении до 2000 км. Постараемся разобраться в том, какой марки были на самолёте АНТ-25 радиостанция и радиополукомпас.

Радиостанция РРД и радиополукомпас РПК-1

О том, что радиополукомпас входил в состав радиооборудования, писал не только Г.Ф. Байдуков, но и другой участник легендарного перелёта в Америку – Беляков Александр Васильевич, в своей книге «Валерий Чкалов»: «На самолёте была установлена и новинка того времени – радиополукомпас (РПК). С его помощью можно было лететь в направлении наземной радиостанции, не видя земли и небесных светил» [2]. Можно предположить, что это был первый отечественный радионавигационный прибор – радиополукомпас РПК-1. Кстати, рамка радиополукомплекса видна на вершине самолёта АНТ-25 (рис. 1). О том, что РПК-1 к 1937 г. выпускался отечественной радиопромышленностью, говорит тот факт, что в СССР в середине 30 годов после установки радиополукомпаса РПК-1 на пассажирских самолётах ПС-9 (АНТ-9), ПС-35 (АНТ-35) и приводных радиостанций ПАР на аэродромах появилась возможность выполнять заход на посадку по приборам. Однако найти описание РПК-1 оказалось сложной задачей. А вот более поздняя модель РПК-2 «Чайка» (первая партия была выпущена в 1939 г.) достаточно хорошо известна. Вот как описывает Беляков А.В. радиоаппаратуру АНТ-25 в своих воспоминаниях: «Стараюсь не забыть мелочи: резинки, карандаши, транс-

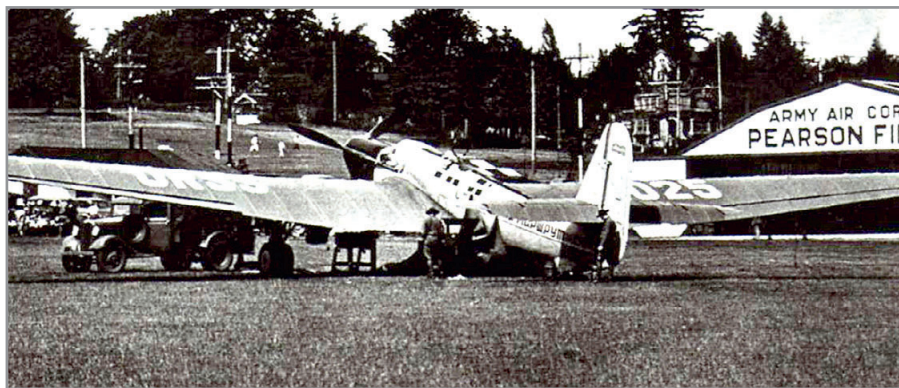


Рис. 1 АНТ-25 в Америке

10 ЛЕТ!

expo
Coating

INDUSTRIAL TECHNOLOGIES
EXHIBITIONS

10-я международная
выставка и конференция

ПОКРЫТИЯ И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

→ Специальная экспозиция
«Защита от коррозии»

26-28 МАРТА 2013

МОСКВА, СК «ОЛИМПИЙСКИЙ»

Получите электронный билет на сайте www.expocoating.ru

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



ufi



УФИ

При участии:



РХТУ им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Московское химическое общество им. Д.И. Менделеева

Тел. +7 (812) 380 6002/00, факс +7 (812) 380 6001, coating@primexpo.ru, www.expocoating.ru



Рис. 2. Радиостанция АНТ-25

портир, циркуль. С особой осторожностью укладываю кварцы для радиостанции – небольшие чёрные эбонитовые кубики со штепсельной вилкой. Кварцы – важная вещь. Для того, чтобы наша бортовая радиостанция передавала точно на выбранной волне, необходимо, как принято говорить, волну стабилизировать кварцем. На каждом кварце цифрой отмечена длина волны в десятых и сотых долях метра. Кварцы мы испытали в тренировочных полётах и убедились в их превосходной работе... В кабине стоит высокая прямоугольная рама, на ней закреплена приёмно-передающая радиостанция. У нас один передатчик для волн от 20 до 40 и от 50 до 80 м. Приёмников два. Один – прошлогодний, выдержавший испытания, – супергетеродин; он даёт устойчивый, мелодичный приём земных станций. Другой – новый, поменьше, но зато всеволновый. Он принимает волны от 15 до 2000 м. К нему мы ещё не привыкли, но взяли его запасным...» Более подробные сведения удалось почерпнуть из журнала «Крылья», № 1, 2008 [3], из которых следует, что схема приёмника супергетеродина использовала пять ламп: два пентагрида, УВЧ и УПЧ с двойным диод-триодом на выходе, для детектирования, АРУ и УНЧ. В приёмнике АНТ-25 все радиолампы – лампы с косвенным накалом.

Несколько уточнений. В задающем кварцованном генераторе по схеме Колпитца используется лампа ГВК-V. Скорее всего, это близкий аналог ГУ-4. А в выходном каскаде С-164 –

это старое обозначение радиолампы ГК-20. Нетрудно видеть, что две лампы ГК-20 в выходном каскаде, включённые в параллель, могли рассеивать на аноде мощность не менее 40 Вт. Передатчик АНТ-25 мог работать только в телеграфном режиме, так как модулятора в нём не было. А теперь постараемся узнать, где же могли сделать надёжную и компактную коротковолновую радиостанцию в те годы? Дело в том, что накануне перелётов в Америку экипажей Чкалова и Громова произошло ещё одно историческое событие – открытие первой на Северном полюсе советской арктической станции СП-1. Радистом на этой станции был легендарный советский радист Эрнст Теодорович Кренкель. В журнале «Радиофронт» № 8 за 1938 г. он, описывая свое арктическое радиооборудование, говорит, что радиостанция была сделана в Особой радиолaborатории в Ленинграде (ОРЛ НКВД). Если поднять историю этой радиостанции, то окажется, что она была тоже с трёхкаскадным передатчиком, работала только в телеграфном режиме и имела супергетеродинный приёмник. Вот что пишет участник этих событий Н. Стромилов, сотрудник радиолaborатории: «В начале 1936 г. наша лаборатория получила необычное задание: разработать и изготовить радиостанцию для первой советской дрейфующей научной станции. Времени было в обрез, и мы с энтузиазмом взялись за выполнение заказа, который получил условное обозначение «Дрейф». Я вспоминаю его творцов. Главный инженер проекта Володя Дображанский; разработчики Андрияша Ковалёв, Федя Гаухман, Николай Иванович Аухтун; конструкторы Маша Забелина, Тося Шеремет и Алёша Ражев; технологи Женя Иванов и Павел Товпенец; механики Толя Киселёв, Алёша Кирсанов и Саша Захаров; монтажник Витя Дзервановский, ну и, конечно же, – славный полярный радист Эрнст Кренкель. По их идеям, схемам и чертежам сделан «Дрейф», их золотыми руками надёжно собраны, смонтированы, испытаны основные и резервные аппараты. Никто из них, названных здесь и не названных, ничего не сделал на авось, ничего не забыл, ничего не упустил из того, что на первый взгляд казалось мелочью, не заслуживающей внимания. И вот

«Дрейф» на полюсе! Ровно гудит умформер. Бегают стрелки измерительных приборов. Негромко стучит телеграфный ключ. На ключе работает Эрнст Кренкель, в меховом комбинезоне и кухлянке, в огромных фетровых валенках с галошами – человек интереснейшей судьбы!». Радиостанция АНТ-25 была схожа с радиостанцией «Дрейф», но имела название иное – РРД. Это сокращение от слов Радиостанция Рекорда Дальности. Фотография этой радиостанции приведена на рис. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, подведём итоги. Радиостанция самолёта АНТ-25 называлась РРД. Она состояла из трёхкаскадного передатчика с кварцевым задающим генератором, усилителем-удвоителем и усилителем мощности на двух включённых в параллель лампах. Работала радиостанция только в телеграфном режиме в диапазонах 20...40 м и 50...80 м.

Приёмник в радиостанции – пятиламповый супергетеродин, перекрывающий диапазоны волн радиопередатчика, – также работал только в телеграфном режиме.

Радиостанция была разработана и изготовлена в ОРЛ НКВД г. Ленинграда группой инженеров во главе с Владимиром Леонидовичем Дображанским. На борту АНТ-25 был ещё дополнительный небольшой приёмник, скорее всего, прямого усиления на диапазон от 15 до 2000 м типа КУБ-4 разработки того же В.Л. Дображанского из ОРЛ НКВД.

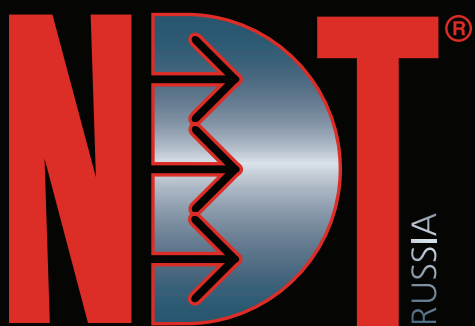
Для задач радионавигации использовался разработанный в 1936 г. радиополукомпас РПК-1, Москва, КБ при заводе № 203 им. Орджоникидзе. В отличие от экспериментального образца первого радиополукомпаса, рамочная антенна РПК-1 могла вращаться.

Без такого радиооборудования рекорд дальности беспосадочного перелёта совершить было бы невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байдужов Г.Ф. Москва-Северный Полюс-США. 1937 г. Новая и новейшая история. 1987. № 2.
2. Беляков А.В. Валерий Чкалов. М.: ДОСААФ, 1987.
3. Взгляд из кабины АНТ-25 «Крылья». 2008. № 1.





12-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

**ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ
И МЕХАНИЗМОВ**

**ВСЁ ПОД
КОНТРОЛЕМ!**

26-28 МАРТА 2013
МОСКВА, СК «ОЛИМПИСКИЙ»



www.ndt-russia.ru

Организаторы:



Генеральный партнер:



Тел: +7 (812) 380 6002/00
Факс: +7 (812) 380 6001
ndt@primexpo.ru

Оптимальный выбор!



VxWorks

QNX

Wind River Linux

Windows
Embedded Standard

Windows
Embedded Compact (CE)

RTOS-32

ВСТРАИВАЕМЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

- Встраиваемые ОС и ОС реального времени
- Инструментарий разработки и отладки
- Системное и связующее ПО
- Поставки оборудования с предустановленной ОС

WWW.PROSOFT.RU/RTOS



ОФИЦИАЛЬНЫЕ ПОСТАВКИ И ПРЕДУСТАНОВКА НА ОБОРУДОВАНИЕ

PROSOFT[®]

Москва

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

С.-Петербург

Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru



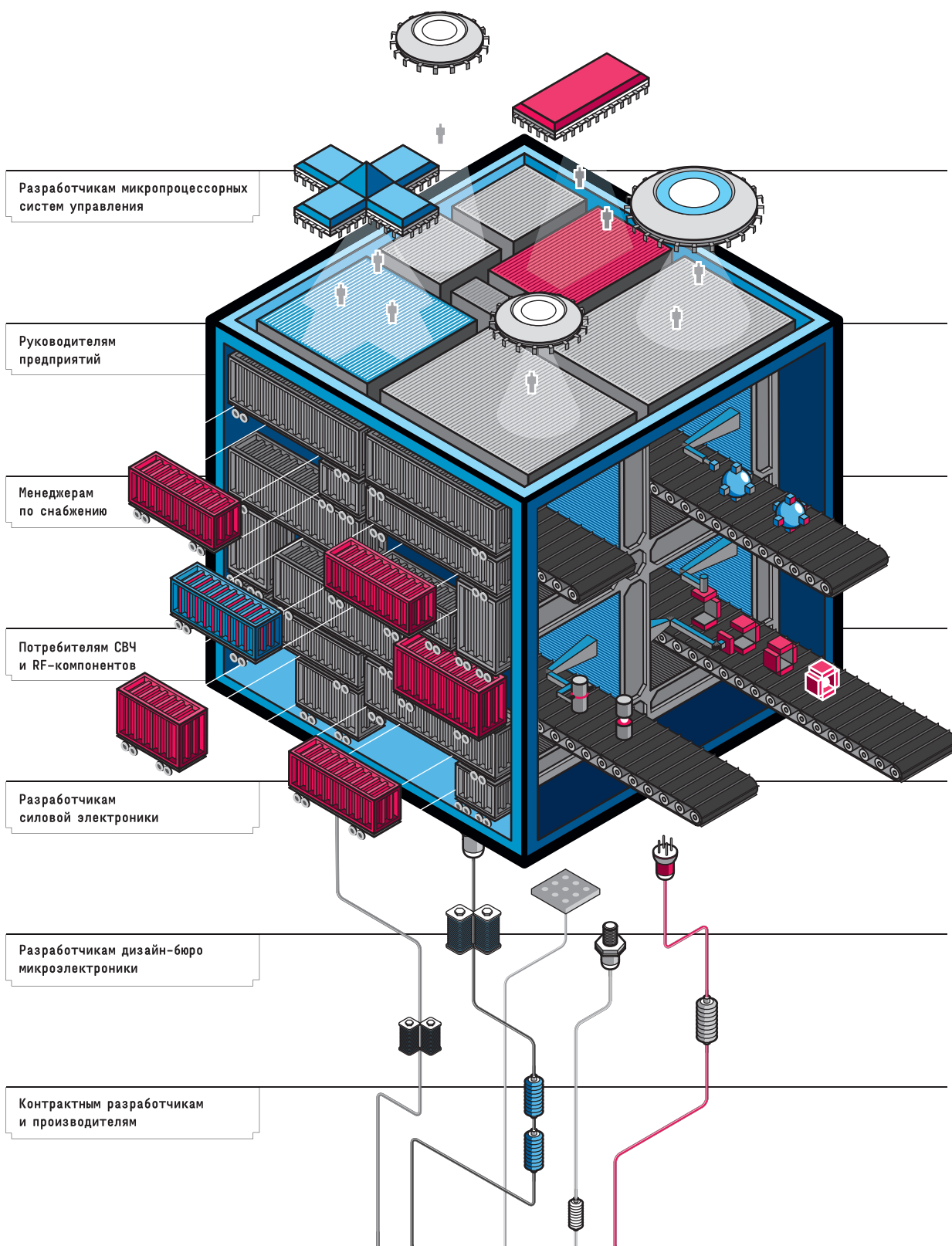
Реклама

НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

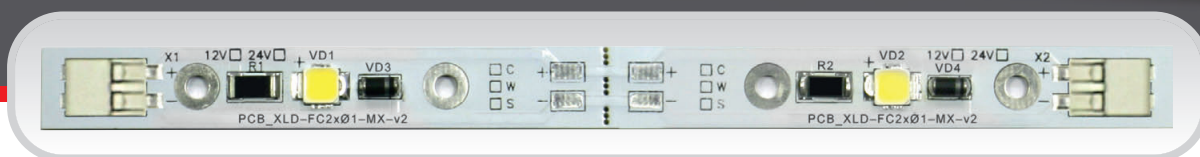
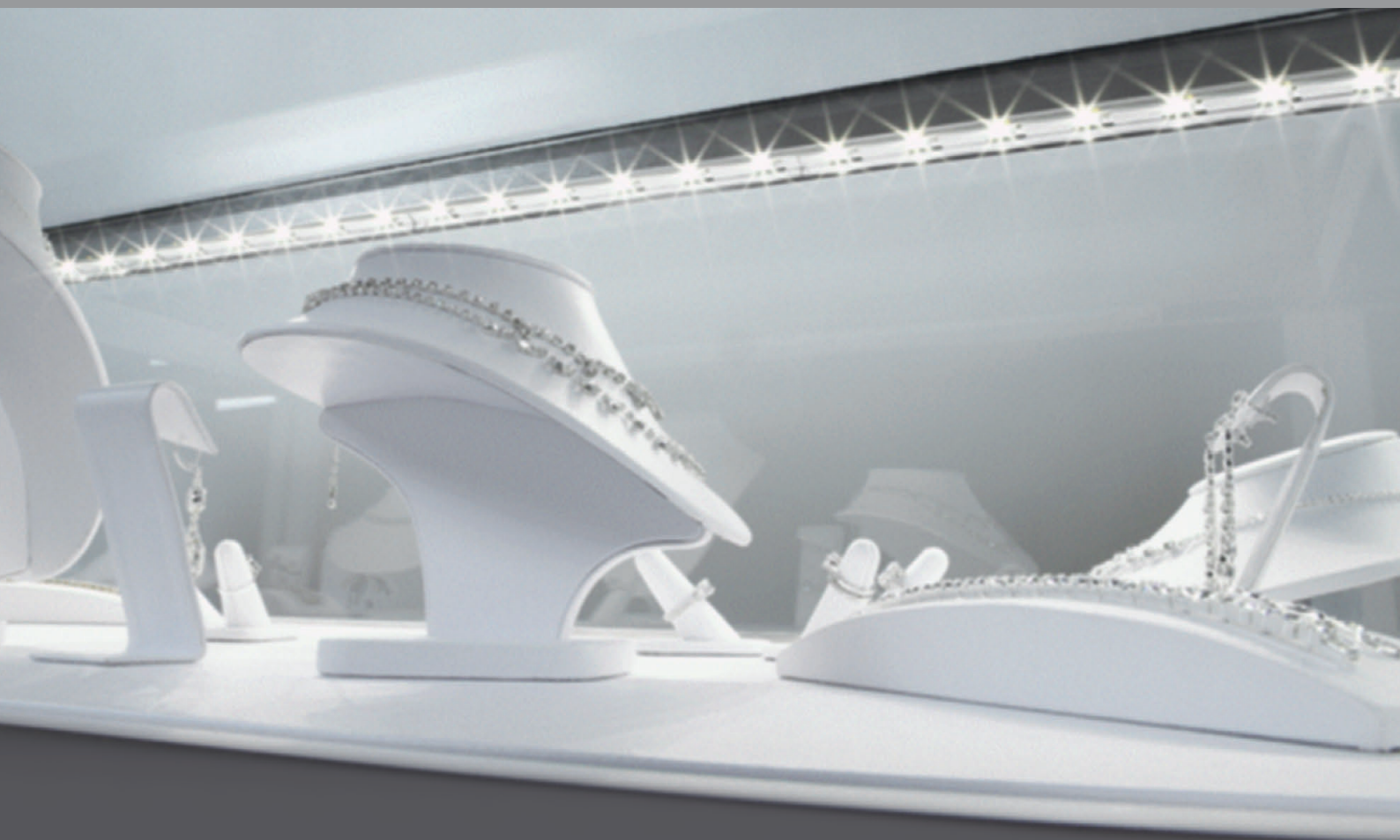
26-28 МАРТА 2013

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей



Серия светодиодных кластеров XLD-LINE с питанием 12 или 24 В



Светодиодные кластеры серии XLD-Line-12/24V предназначены для подсветки витрин, карнизов, декоративного и дизайнерского освещения.

Широкий ассортимент, возможность деления, простота наращивания и подключения делают кластеры удобными для реализации проектов любого уровня сложности.

Преимущества

- Питание от источника постоянного напряжения 12 или 24 В
- Простота подключения благодаря специальным разъемам
- Деление на отрезки
- Коммутация кластеров в линию произвольной длины
- Высокий световой поток
- Широкий диапазон рабочих температур $-40 \dots +70 \text{ }^\circ\text{C}$
- Безопасное низковольтное оборудование
- Срок службы не менее 50 000 часов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XLIGHT

